TECHNIQUE
DU
VOL A VOILE

TECHNIQUE DU VOL A VOILE

* * *

- AVANT-PROPOS

- I - LE VOL A FINESSE MAX

  * 1/ - La polaire des vitesses en air calme

    1.1. - Définition
    1.2. - Conditions de validité
    1.3. - Exemple
    1.4. - Conditions de tracé
    1.5. - Angle de plané, finesse, pente de trajectoire
    1.6. - Points caractéristiques
    1.7. - Courbe des finesses

  * 2/ - La polaire des vitesses en air animé de mouvements verticaux

    2.1. - Mouvement vertical descendant
    2.2. - Courbe et anneau Mac Cready
    2.3. - Mouvement vertical ascendant
    2.4. - Utilisation pratique du Mac Cready
    2.5. - Autre façon de construire la courbe Mac Cready

  * 3/ - La polaire des vitesses avec du vent

    3.1. - Cas du vent de face
    3.2. - Cas du vent arrière

  + A RETENIR
  + Exercices

- II - LE VOL DE CROISIERE

  * 1/ - La notion de vitesse de croisière

    1.1. - Définition
    1.2. - Démonstration
    1.3. - Démonstration géométrique

  * 2/ - La recherche de la vitesse de croisière maximale

    2.1. - Accroissement et optimisation de la Vi en transition
    2.2. - Calage Mac Cready et vol à Vcr max
    2.3. - L'autonomie et le vol à Vcr max
    2.4. - Validité de la théorie Mac Cready et cas particuliers

  * 3/ - Influence relative sur la Vcr des divers paramètres en jeu

    3.1. - Erreur de calage
    3.2. - Perte due à une mauvaise Vza moyenne
    3.3. - Perte ou gain dû au cheminement

  * 4/ - Influence du vent sur le vol à Vcr max

    4.1. - Vcr max en vol thermique avec du vent de face
    4.2. - Vcr max en vol thermique avec du vent arrière

  + A RETENIR
  + Exercices

- III - TECHNIQUES LIEES AU VOL DE PERFORMANCE

* 1/ - Utilisation des machines de performance

1.1. - Utilisation des volets de courbure
- . Utilité
- . Polaires
- . Limitations
- . Manoeuvres

1.2. - Utilisation des water-ballasts
- . Effets du ballastage
- . Utilisation des ballasts
- . Opportunité du ballastage

* 2/ - Phases particulières du vol sur la campagne

2.1. - La décision de départ
2.2. - Technique et tactique au point de virage
2.3. - L'arrivée

+ A RETENIR

oooOooo§oooOooo

A V A N T - P R O P O S

* * *

Ces quelques pages de "Technique Vol à Voile" ne constituent pas un "mode d'emploi". Elles ne sont pas non plus un "recueil de recettes". Elles ne pourront jamais remplacer l'intelligence ou le jugement du pilote, qui, améliorés par l'expérience, resteront toujours les principaux facteurs de réussite du vélivole.

Mais l'acquisition de l'expérience n'est pas immédiate, non plus que la formation au jugement ; d'autant plus qu'une coutume trop répandue dans notre vol à voile voulait qu'après son lâcher, le jeune pilote découvre tout, tout seul, tant sur le plan théorique que pratique, et ceci bien sûr coûtait un maximum de temps, d'argent, d'efforts solitaires. Que d'espoirs déçus, de motivations perdues, d'abandons trop précoces ! Et la sécurité aussi n'y trouve guère son compte.... Pour la bonne santé du vol à voile français, il est souhaitable que cet état de fait évolue. C'est une des tâches qui vous incombent, à vous, instructeurs et futurs instructeurs.

Or les problèmes que doit résoudre l'élève vélivole ne sont pas nouveaux. Beaucoup se sont déjà penchés sur ce sujet. De très nombreux ouvrages y ont été consacrés, écrits par des grands noms du vol à voile. Modestement, les pages qui suivent, en s'efforçant de rester simples, essayent de concrétiser les questions que se posent les pilotes débutant en vol sur la campagne, et d'y apporter quelques éléments de réponses.

Mais l'hypothèse que l'on peut faire sur le papier est souvent une "hypothèse d'école" très simplifiée par rapport aux conditions réellement rencontrées. En effet, l'analyse au sol des problèmes rencontrés en vol peut être sériée, élément par élément avec des réponses qui peuvent n'être que partielles, là où la réalité demandera une analyse et des décisions complexes et globales.

Le pilote idéal ne commet aucune erreur, car par définition il connaît les conditions de vol devant lui, et leur évolution. Donc, par définition, le pilote idéal n'existe pas. Tout vélivole est ainsi condamné à l'erreur, et en faisant appel à des éléments comme l'expérience, l'intuition, l'esprit d'observation, d'analyse et de décision, il doit limiter ses erreurs. Au cours des vols d'instruction sur la campagne, toute l'intelligence de l'instructeur devra aider à tracer un trait d'union entre une théorie simple et une pratique complexe, en utilisant les connaissances acquises au sol comme termes de comparaison, comme point de départ d'une réflexion avec son élève.

oooOooo§oooOooo

I - LE VOL A FINESSE MAX

L'objectif du vol à finesse max est d'utiliser l'autonomie maximale du planeur dans les transitions. C'est-à-dire que cela revient, si l'on raisonne en termes de consommation d'énergie, à voler suivant un régime économique.

Le vélivole peut adopter cette tactique de vol soit pour ne perdre que le minimum d'altitude entre deux zones ascendantes, soit pour parcourir la plus grande distance possible sans exploiter d'ascendance, compte-tenu de la hauteur/sol dont il dispose et des conditions qu'il rencontre.

Les renseignements qui lui sont nécessaires pour respecter ce choix lui sont fournis par la polaire des vitesses du planeur employé.

1/ - La polaire des vitesses en air calme

1.1. - Définition

La polaire des vitesses est la courbe d'évolution du taux de chute propre du planeur (Vzp) en fonction de sa vitesse indiquée (Vi).

1.2. - Conditions de validité

Cette polaire n'est valable, en l'état, que dans des conditions très particulières :

- **Charge alaire définie** $\left(\frac{P}{S} = 30 \text{ km/m2 par ex.}\right)$
- **Vol en ligne droite symétrique** (inclinaison nulle et facteur de charge égal à 1)
- **Absence d'éléments générateurs de trainée supplémentaire** (AF, train et parachute de queue rentrés) **ou perturbant l'écoulement aérodynamique** (planeur propre, sec et en bon état)
- **Vol en air calme** (pas de mouvements verticaux de la masse d'air : Vzw = 0)
- **Centrage optimal.** Un centrage trop arrière diminue les performances à haute vitesse. Un centrage trop avant les diminue dans les basses vitesses. Ceci dit, les constructeurs ne fournissent pratiquement jamais l'indication du centrage pour lequel a été obtenue la polaire présentée. Il est donc difficile d'en tenir compte.

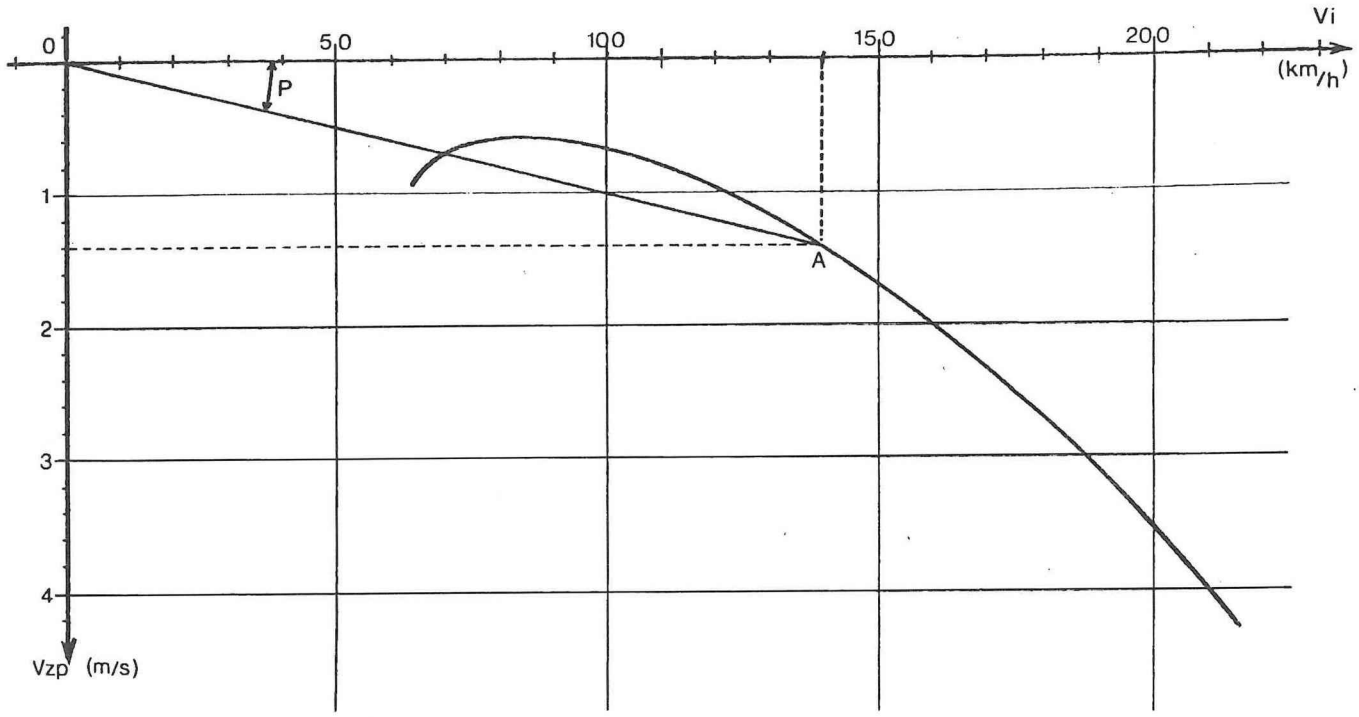
1.3. - Exemple de polaire des vitesses

Voici la polaire des vitesses d'un planeur de classe standard.

$\frac{P}{S} = 30$ km/m2

(Voir croquis n° 1 page suivante).

Croquis n° 1



Si le pilote adopte, en air calme, une vitesse de 140 km/h, il pourra lire au vario un taux de chute propre (Vzp) égal à - 1,4 m/s.

L'angle de plané obtenu pendant cette phase du vol est figuré par l'angle "P", compris entre la droite OA et l'axe horizontal (axe des Vi).

1.4. - Conditions de tracé

Pour faciliter la lecture de la polaire des vitesses, on n'a pas utilisé la même échelle sur les deux axes. L'axe des Vz a été dilaté. Sans cela, la polaire aurait été une courbe beaucoup trop aplatie pour être exploitable.

L'angle de plané sera alors évalué en fonction des autres données.

1.5. - Angle de plané, finesse, pente de trajectoire

Le croquis ci-dessus montre bien qu'à l'angle "P" correspond une pente de trajectoire définie par une Vi et une Vzp. Le rapport $\frac{Vi}{Vzp}$ donne la finesse du planeur, f.

La finesse est donc avant tout un élément d'évaluation de l'angle de plané.

Dans l'exemple choisi, le planeur a une finesse de :

$$f = \frac{Vi}{Vzp} = \frac{38,9 \text{ m/s}}{1,4 \text{ m/s}} \quad \left(\right)$$

Vi = 140 km/h = 38,9 m/s
Vzp = 1,4 m/s

$$\boxed{f = 27,8}$$

(Voir croquis n° 1)

Une approximation de la valeur de l'angle "P" peut alors être obtenue, de la façon suivante :

$P = \frac{60}{f}$. Dans ce cas, P ≃ 2°.

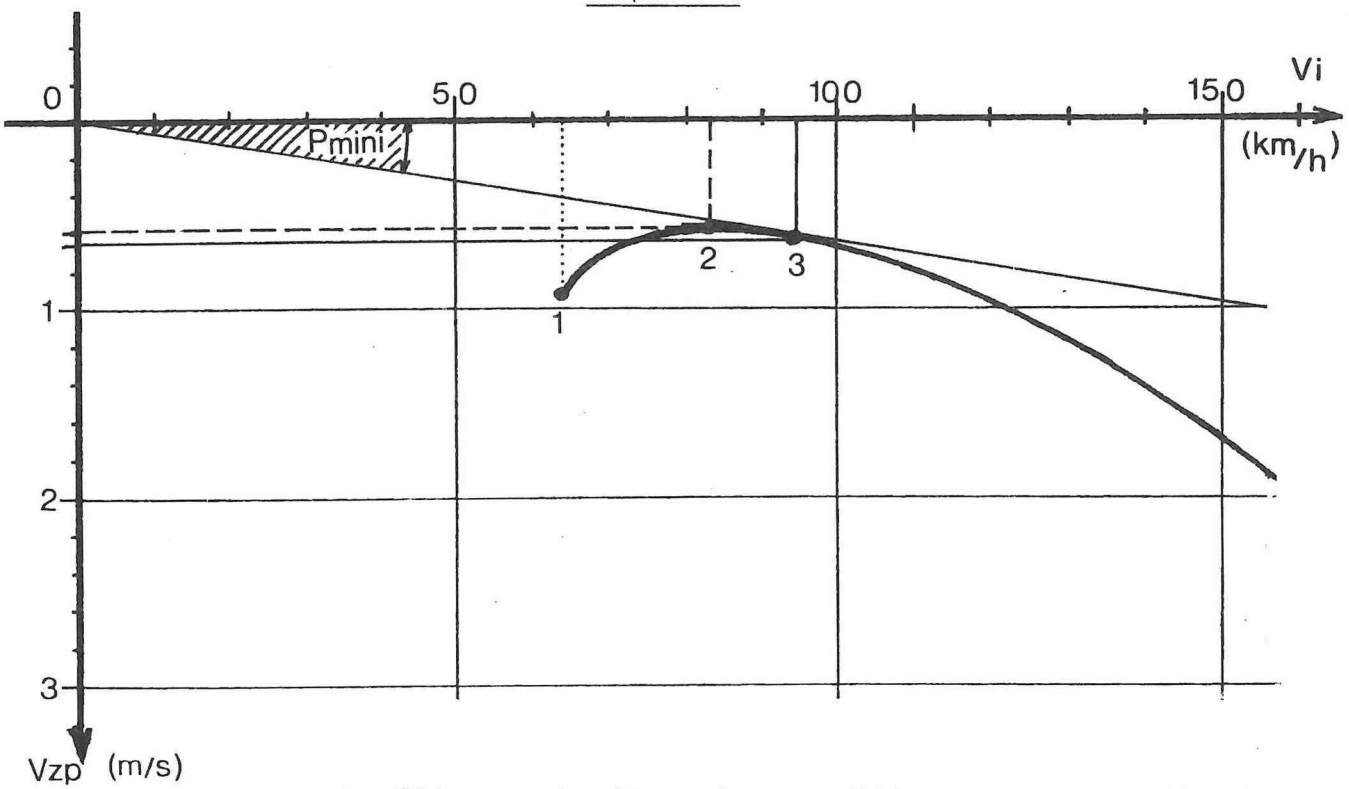
Plus la finesse est grande, plus l'angle de plané est faible (et intéressant pour le vélivole).

A titre de comparaison, l'angle de plané d'un planeur bois et toile tel que le WA 21 est de l'ordre de 4° et celui du Nimbus III de 1° seulement. Sur la route, un panneau indicateur "pente à 10 %" signale un angle de descente de 6° environ.

1.6. - Points caractéristiques

Les facteurs définissant les performances du planeur utilisé (Vi, Vzp, f) peuvent prendre des valeurs remarquables. Trois points caractéristiques d'utilisation de la polaire sont à commenter.

Croquis n° 2



a) - Vitesse de décrochage - Elle est une limite du domaine de vol.

Conventionnellement, cette vitesse est appelée VS1 (VSO en configuration atterrissage et à masse maxi). Ex. *Point 1 - VS1 = 64 km/h.*

b) - Taux de chute mini - C'est en ce point-là (point de tangence entre la polaire et une parallèle à l'axe horizontal) que le taux de chute est le plus faible possible. Il y correspond la vitesse de taux de chute mini. Toute autre vitesse, inférieure ou supérieure, amène un taux de chute plus fort. Ex. *Point 2 - Vzp = 0,6 m/s à Vi = 83 km/h.*

c) - **Finesse maximale - C'est le point pour lequel l'angle de plané est le plus petit possible.** Et l'angle "P" est minimal lorsque la droite passant par O tangente la polaire. Le point de tangence correspond à une Vi et une Vzp dont le rapport $\frac{Vi}{Vzp}$ est le plus grand possible.

Ex. Point 3 - Vi = 94 km/h = 26,1 m/s ; Vzp = 0,63 m/s $\quad fa = \frac{26,1}{0,63} = 41,5$

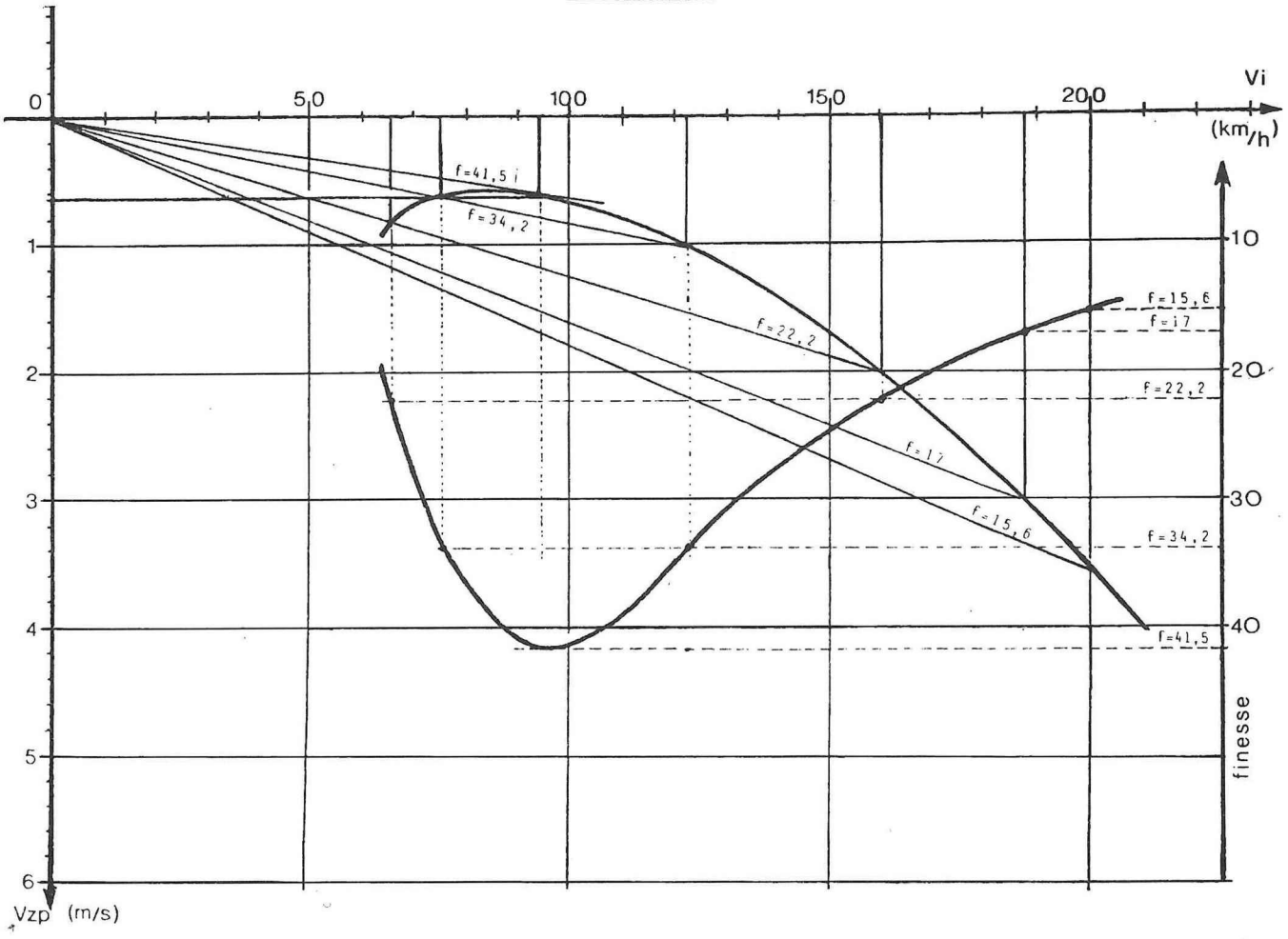
P ≈ 1,5° en réalité

sur le croquis, "P" mini est hachuré.

1.7. - Courbe des finesses

Suivant la vitesse adoptée, l'angle de plané varie et donc la finesse aussi. Il est possible, en calculant plusieurs valeurs d'obtenir une courbe continue d'évolution de la finesse en fonction de la vitesse Vi. Pour cela, une graduation verticale est adjointe à droite du croquis.

Croquis n° 3



Il est important de noter qu'à deux vitesses très différentes, une inférieure et une supérieure à la Vi de finesse max, peut correspondre un seul et même angle de plané.

N.B. : Pour être tout à fait rigoureux, il serait bon de préciser qu'il s'agit de la "finesse aérodynamique" dont la définition se réfère aux paramètres aérodynamiques et mécaniques du vol du planeur, à l'exclusion de toute influence de la masse d'air. La finesse en question vaut alors :

$fa = \frac{Rz}{Rx} = \frac{Cz}{Cx} = \text{ctg}\,\alpha$ et ne doit pas être confondue avec la finesse effective (fe) qui permet de tenir compte du vent et des mouvements verticaux de la masse d'air : $fe = \frac{D}{H}$. Cependant, autant de rigueur ne paraît pas indispensable si on considère pour la suite que la finesse prise en compte est toujours la finesse effective, parfois égale à la finesse aérodynamique, dans certains cas particuliers.

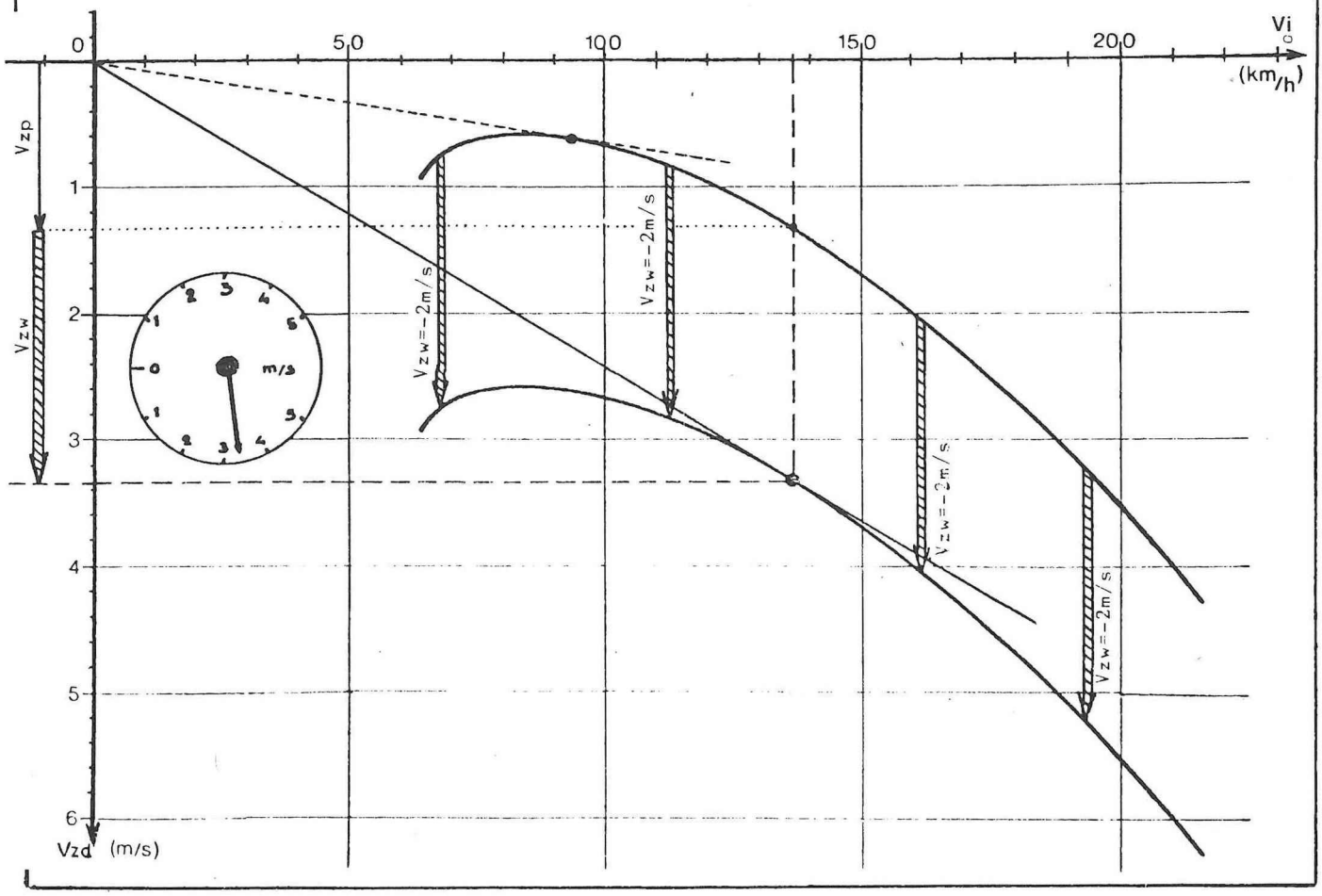
2/ - La polaire des vitesses en air animé de mouvements verticaux

2.1. - Mouvement vertical descendant

Généralement, le vélivole ne se déplace pas en air calme, mais rencontre des masses d'air qui se déplacent verticalement et notamment vers le bas.

Supposons qu'avec le même planeur que dans les exemples précédents il traverse une zone où la masse d'air chute à - 2 m/s. Tout se passera alors comme s'il se trouvait soudain aux commandes d'un planeur beaucoup moins performant, qui, à chaque vitesse, chuterait de deux mètres/secondes plus vite. Une bonne image de la situation est donnée, par conséquent, en descendant la polaire d'une valeur équivalente au taux de chute de la masse d'air (Vzw-). Une deuxième polaire, parallèle à la première, est ainsi obtenue.

Croquis n° 4



Sur cette nouvelle polaire, un nouveau point de finesse maximale doit être recherché. Le plus faible angle de plané est trouvé selon le même procédé (tangente à la polaire) et le point de tangence nous donne la vitesse de finesse max dans ce cas ainsi que le taux de chute correspondant. Attention : il ne s'agit plus du taux de chute propre du planeur (Vzp), mais du taux de chute lu au vario (Vzd), égal à la somme : Vzd = Vzp + Vzw.

Il est dorénavant possible de calculer la nouvelle finesse du planeur :

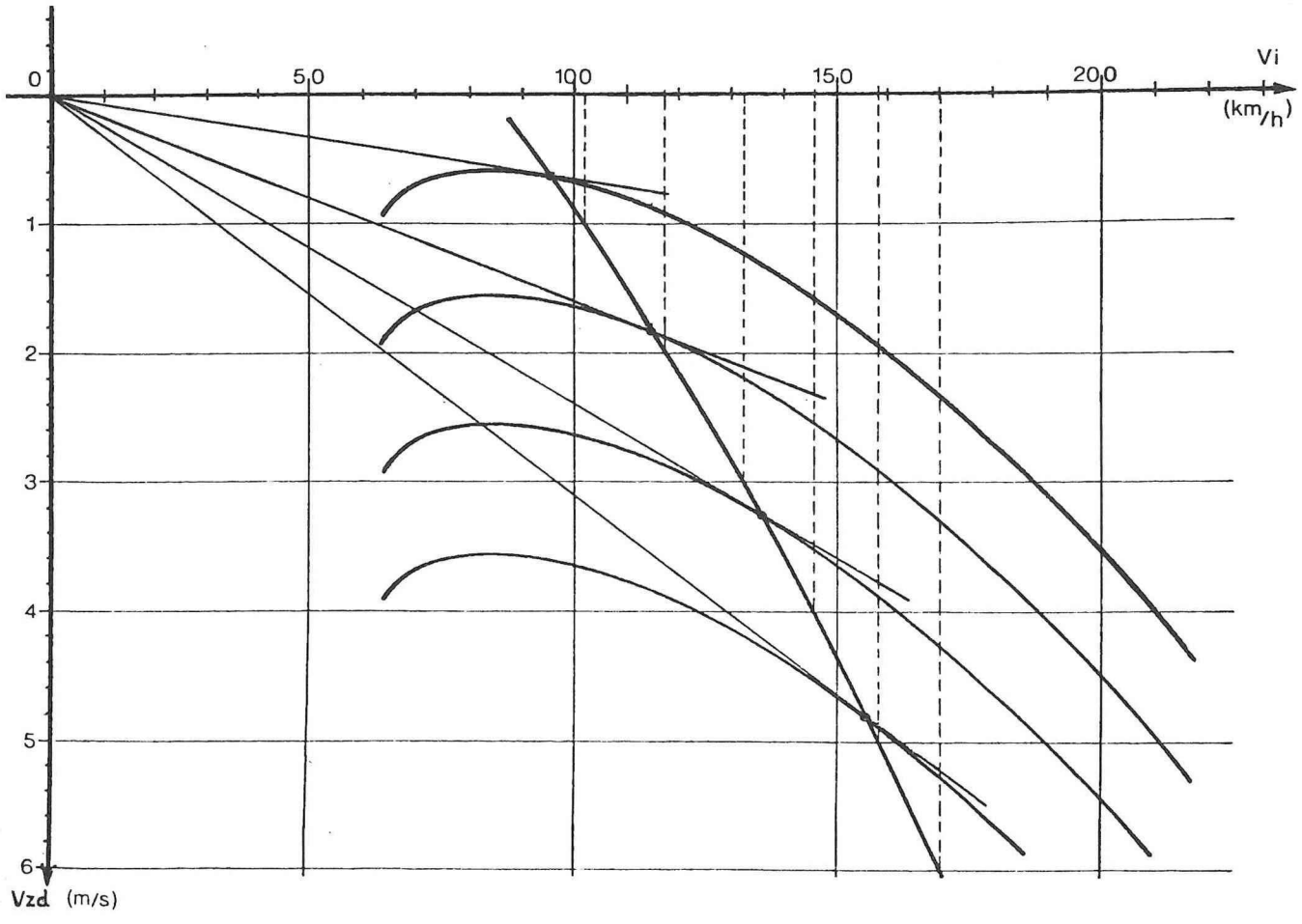
Vzp = - 1,3 m/s (Vi = 137 km/h = 38 m/s
Vzw = - 2 m/s (Vzd = - 3,3 m/s.

$$\boxed{f = 11,5}$$

Une forte dégradation de la finesse est à noter ainsi qu'une augmentation de l'angle de plané.

Le principe du déplacement vers le bas de la polaire des vitesses peut être généralisé par plusieurs valeurs négatives différentes de Vzw. On obtient alors une famille de polaires parallèles décalées vers le bas ainsi qu'une famille de points de tangence avec des droites toutes issues de l'origine.

Croquis n° 5



2.2. - Courbe et anneau Mac Cready

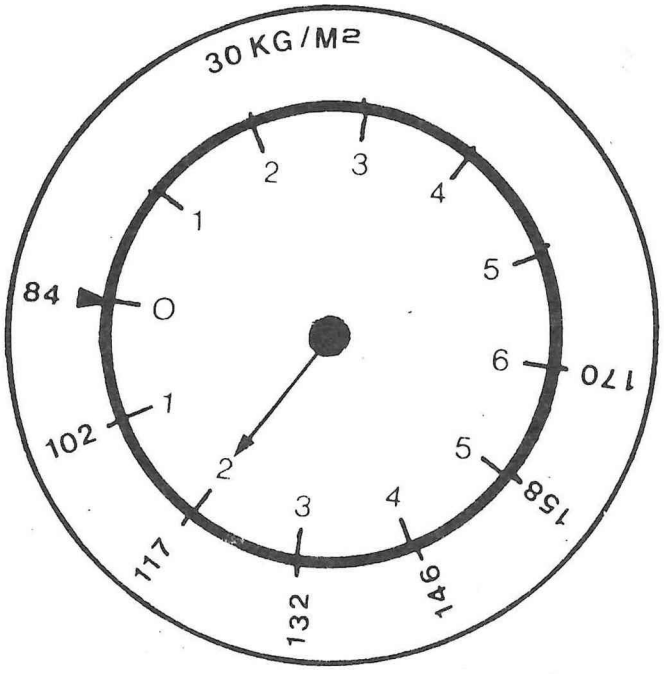
Cette famille de points constitue la courbe Mac Cready (du nom de son inventeur). Elle se définit donc comme la courbe d'évolution de la Vi de finesse max en fonction du taux de chute lu au vario. Dès l'instant où cette courbe est tracée, c'est elle et elle seule qui permet de choisir la vitesse à adopter pour voler à finesse max.

Ex. : Vzd = - 2 m/s
Vi = 117 km/h.

Cependant, le vélivole ne saurait utiliser un tel dispositif en l'air. Pour obtenir, à tout moment, cette information, il transcrit sur une couronne cerclant son variomètre les valeurs de la Vi de finesse max correspondant aux valeurs de taux de chute indiquées. Le montage est appelé anneau Mac Cready (ou couronne des vitesses).

Voici celui qui correspond à l'exemple choisi sur le croquis n° 5.

Ex. pour cette indication au vario, il faudra voler à 117 km/h.

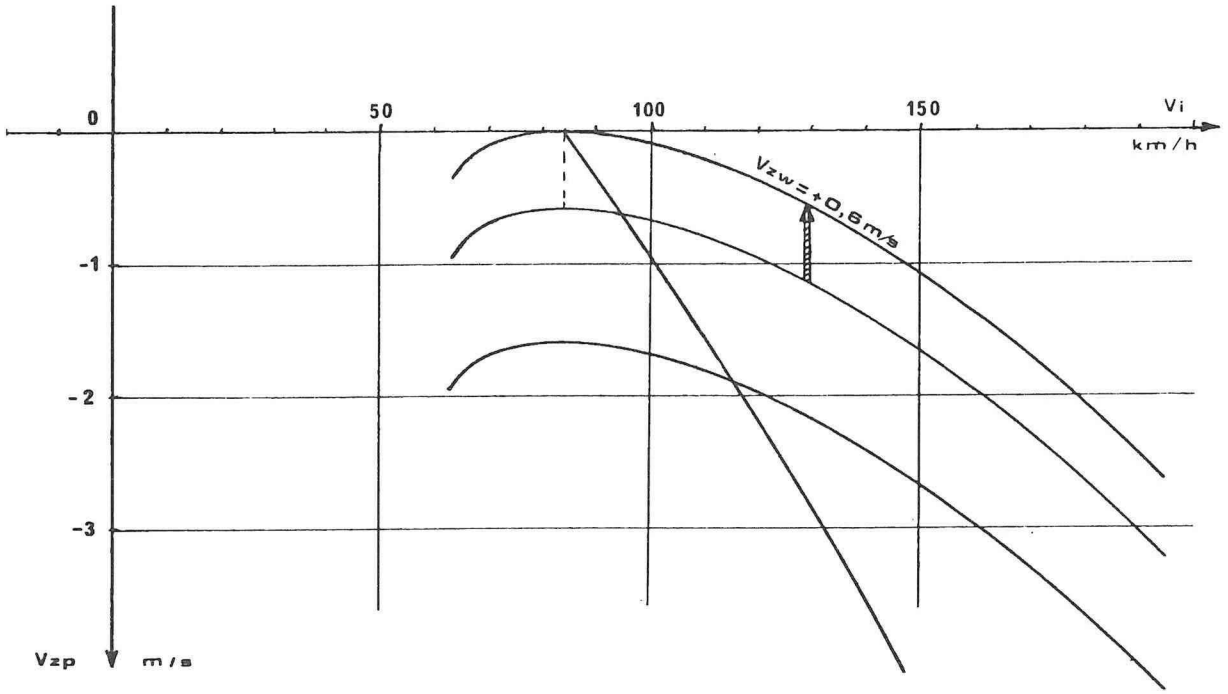


2.3. - Mouvement vertical ascendant

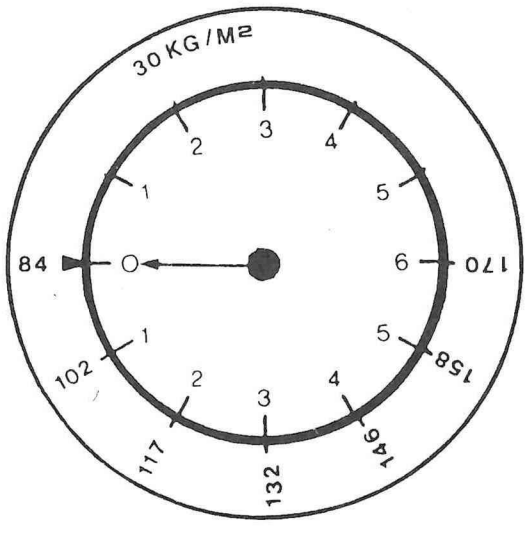
Il se peut, à l'inverse, que le vélivole traverse en ligne droite des zones faiblement ou même fortement ascendantes. Suivant le même raisonnement que dans le cas du mouvement descendant, il convient alors de déplacer la polaire, cette fois-ci vers le haut. Une autre famille de polaires et une autre famille de points d'utilisation à finesse max sont ainsi créées.

Il s'agit simplement de la partie supérieure de la même courbe Mac Cready. Et deux cas nous intéressent particulièrement, qui apparaissent dans les croquis ci-après.

Croquis n° 6



* Tout d'abord, supposons que le planeur pénètre dans une zone faiblement ascendante, de telle sorte que la Vzw + équilibre exactement la Vzp mini du planeur. La polaire se colle alors sous l'axe horizontal et le point de tangence "A" déterminant la vitesse de finesse max à adopter, désigne dans ce cas, la vitesse de chute mini. C'est cette valeur qui sera donc inscrite sur l'anneau Mac Cready face au zéro du vario. A noter que, dans ces conditions, la finesse du planeur est infinie puisque le taux de chute est nul et l'angle de plané aussi.



Exemple : Polaire n° 1 - Air calme. . . . .

Vzp mini = - 0,6 m/s

Polaire n° 2 - Air ascendant. . .

Vzw = + 0,6 m/s

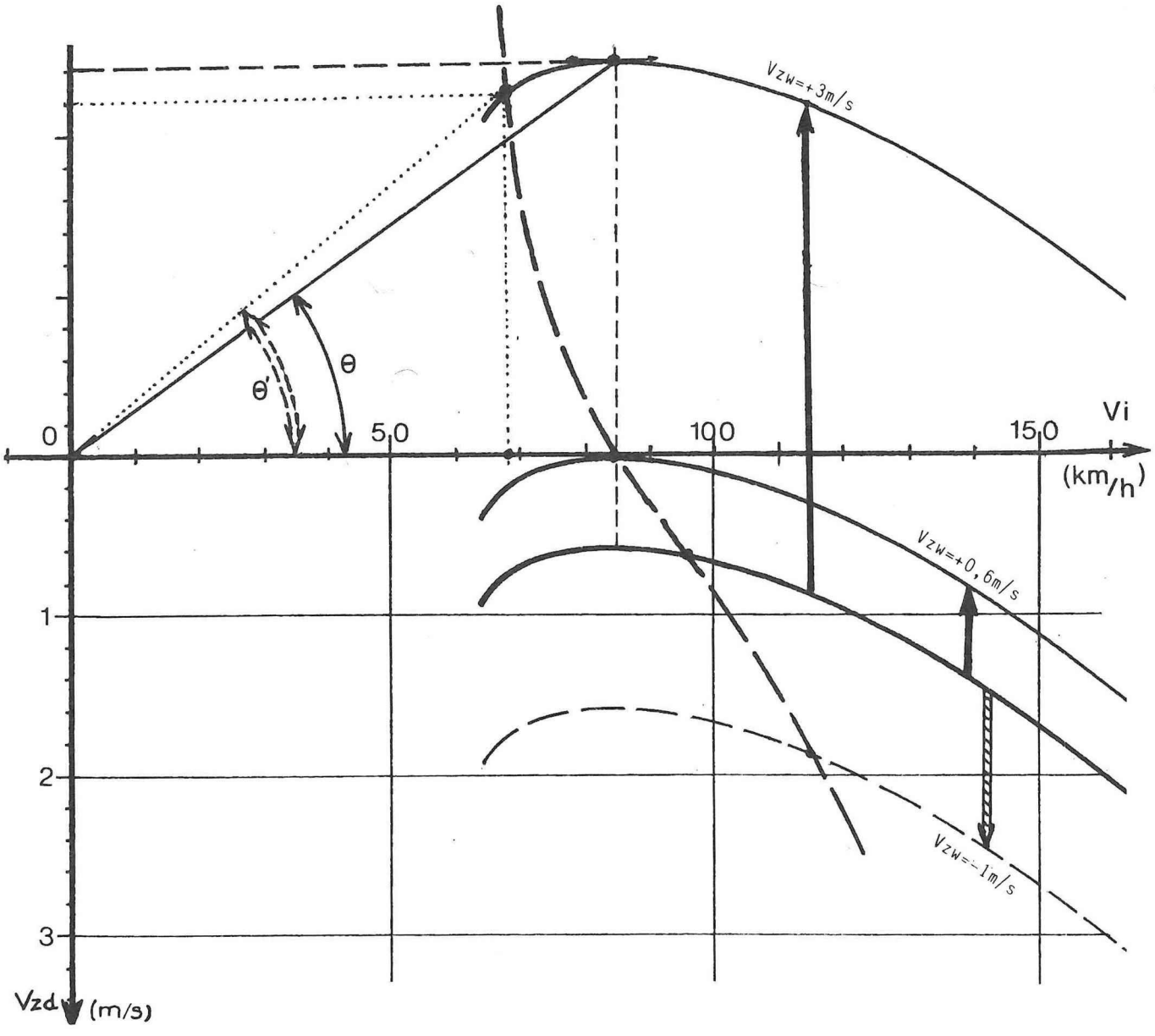
Vi de finesse max = Vi de chute mini

Vzp = 0,6 m/s

Vz lue au vario = 0 m/s.

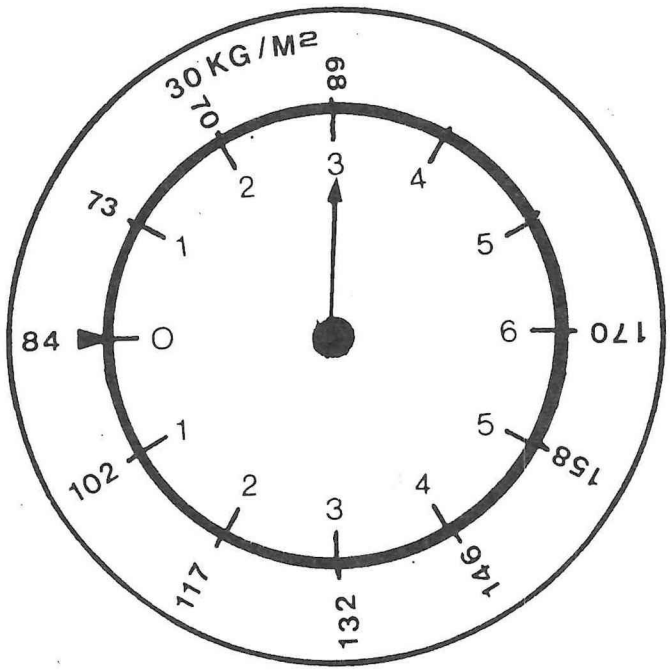
* Dans un deuxième temps, notre planeur traverse en ligne droite une zone fortement ascendante. La polaire dépasse l'axe horizontal pour se placer au-dessus. Ce n'est plus dès lors la finesse, déjà infinie, qui nous intéresse, mais le gain d'altitude maximal. Le vélivole recherche donc la pente de trajectoire la plus forte. Sur le croquis n° 7, elle est représentée par la droite OC tangente à la polaire en C et faisant avec l'axe horizontal un angle Ø', qui est le plus grand possible.

Croquis n° 7



Si c'est la vitesse chute mini qui est adoptée, l'angle Ø est inférieur. Cela signifie que le planeur qui vole plus rapidement dans la zone ascendante montera un peu plus vite (à Vza max), mais bien moins longtemps, donc moins haut.

C'est pour cette raison que certains anneaux Mac Cready sont gradués pour des valeurs positives.



N.B. : - 1/ - Cette technique n'est évidemment valable qu'en ligne droite. De plus, elle n'est rentable que si les Vza sont fortes. Gagner quelques secondes de transit dans du 1 m/s n'apporte pas un gain appréciable. Il n'en est pas de même si on gagne le même temps dans du 5 m/s.

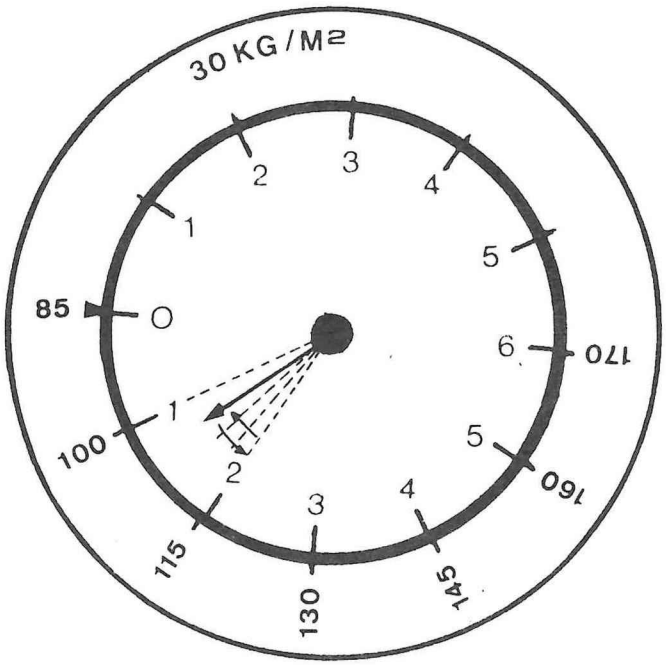
- 2/ - D'autre part, les zones ascendantes sont souvent un peu turbulentes. Dans ce cas-là, pour des raisons évidentes de sécurité et de maniabilité, des Vi plus fortes que les Vi idéales seront adoptées pendant la traversée.

2.4. - Utilisation pratique du Mac Cready

* L'anneau Mac Cready est maintenant gradué. Reste à l'utiliser judicieusement. Le principe est simple : le pilote adopte la vitesse nécessaire en modifiant l'assiette, jusqu'à équilibrer les indications de la couronne des vitesses et de l'anémomètre. Mais il faut tenir compte du retard du variomètre et débuter la variation de vitesse dès que la sensation de descente ou de montée est ressentie. La vitesse sera ensuite ajustée avec l'anneau Mac Cready.

Il serait vain cependant de rechercher dans cette manoeuvre une précision outrancière qui présente beaucoup de difficultés et peu d'intérêt. La mobilité très variable des masses d'air traversées à peu d'intervalle, les turbulences éventuelles font subir à l'aiguille du vario des oscillations plus ou moins rapides. Ce sont donc seulement les tendances ou les indications moyennes du vario qui peuvent et doivent être suivies, avec une approximation raisonnable de la vitesse (± 5 km/h).

C'est aussi pour cette raison que les couronnes des vitesses sont souvent graduées en chiffres arrondis.



Exemple :

Dans ce cas, le pilote adopte et garde une vitesse indiquée d'environ 110 km/h.

* Plus grave est l'erreur communément appelée "Course au Mac Cready" qui a pu mettre certains débutants dans l'embarras ou même dans des situations dangereuses, ce qui est un comble...

Elle est due à une trop grande précipitation dans le changement de régime de vol qui empêche les indications du Mac Cready et du Badin de s'équilibrer. De sorte que le taux de chute au vario a toujours un temps d'avance sur la vitesse indiquée, toujours inférieure à l'indication du Mac Cready. Et le pilote pousse son planeur dans une trajectoire plongeante. Afin d'éviter cette erreur, il convient de stabiliser soigneusement la vitesse, après chaque changement d'assiette, à l'aide des repères extérieurs, avant de recontrôler la correspondance Mac Cready-anémomètre. Une légère correction supplémentaire est parfois nécessaire et, si elle est effectuée avec le même soin, suffisante.

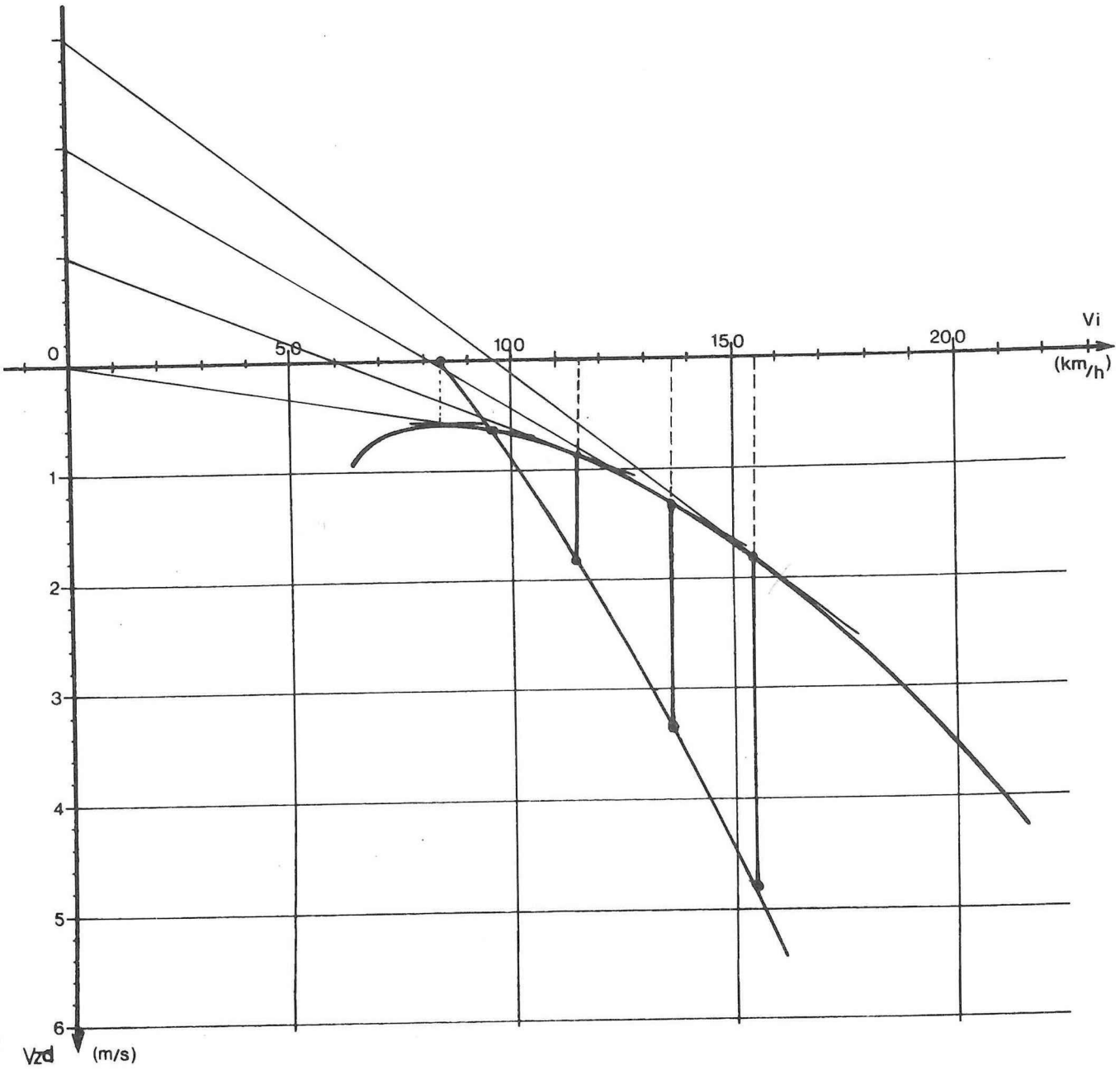
En procédant de cette façon, le Mac Cready sera un bon instrument de vol, pour qui saura éviter le vol aux instruments.

2.5. - Autre façon de construire le Mac Cready

Il existe une méthode simple qui évite de décaler la polaire et facilite une construction précise de la courbe Mac Cready. Mais il faut pour cela avoir bien assimilé ce qui précède.

Plutôt que de déplacer la polaire, il est bien plus pratique de déplacer l'axe horizontal et l'origine vers le haut, pour une valeur négative de Vzw, ou vers le bas pour une valeur positive de Vzw. Chaque fois la tangente à la polaire détermine un point d'utilisation à finesse max différent. Ces points, par contre, se trouvent tous rassemblés sur la polaire. Il convient, ensuite, pour obtenir la courbe Mac Cready de les décaler vers le haut ou vers le bas d'une valeur égale à la Vzw qui a permis de les déterminer.

Croquis n° 8



Exemple :

- *Le point de finesse max en air calme reste sur la polaire puisque Vzw = 0*
- *Le point de finesse max quand Vzw = + 0,6 m/s = -Vzp remonte sur l'axe horizontal*
- *Le point de finesse max quand Vzw = - 2 m/s descend à - 3,3 m/s puisque Vzp = - 1,3 m/s.*

3/ - La polaire des vitesses avec vent

3.1. - Cas de vent de face

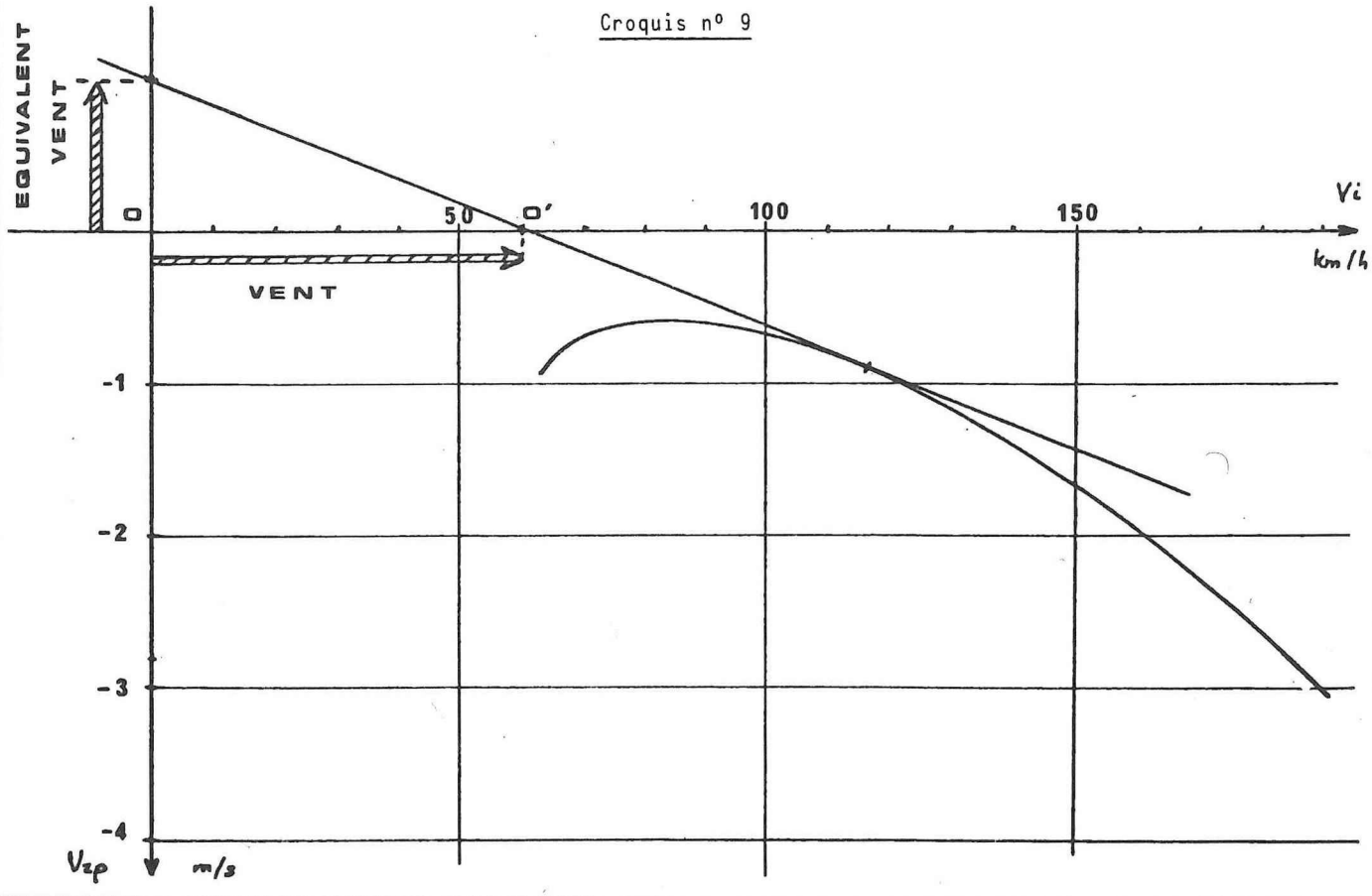
Supposons maintenant que le pilote veuille amener son planeur à finesse max au-dessus d'un point précis au sol, par vent fort. Quelle vitesse doit-il adopter ?

Si le vent est de face, l'axe vertical est déplacé vers la polaire puisque la vitesse/sol diminue (voir croquis n° 8). De la nouvelle origine O' est issue une tangente à la polaire qui détermine le point d'utilisation à finesse max en air calme.

Dans l'exemple choisi, la Vi de finesse max est de 115 km/h en air calme, pour un vent de face de 60 km/h. La vitesse sol est donc de 55 km/h et le taux de chute de 0,8 m/s. La finesse est égale :

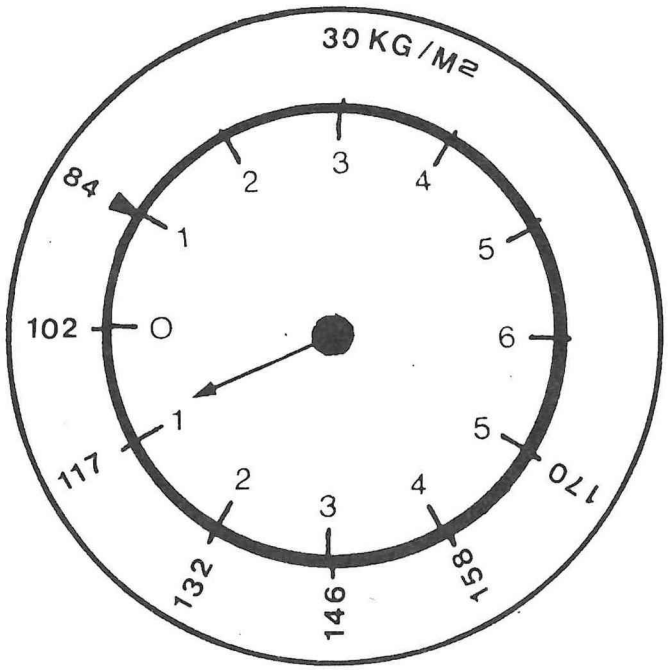
$$Vsol = 55 \text{ km/h} = 15,3 \text{ m/s} \qquad f = \frac{15,3}{0,8} = 19$$

Croquis n° 9



Si nous comparons ce croquis avec le croquis n° 5 où était recherchée la finesse max pour un taux de chute masse d'air - 1 m/s sans vent, nous retrouvons les mêmes valeurs pour la Vi et la finesse. Le taux de chute n'est pas le même, mais l'angle de plané est identique. Ceci est facilement vérifiable sur le schéma ci-dessus en prolongeant la tangente de O' vers l'axe vertical, qu'elle coupe sur la valeur de + 1 m/s.

Reportons-nous à l'anneau Mac Cready pour en voir l'utilité. Sa graduation faisait correspondre 117 km/h à - 2 m/s. Dans le cas présent, la correspondance devrait être 115 km/h pour - 0,8 m/s. En décalant l'anneau vers le haut, d'un cran, nous affichons les deux valeurs ensemble. L'index du Mac Cready est calé sur l'équivalent-vent : + 1 m/s.



En toute rigueur, ce système est seulement valable pour une masse d'air en simple déplacement horizontal, sans mouvements verticaux. Si le planeur rencontre des taux de chute masse d'air, la vitesse indiquée par l'anneau Mac Cready est inférieure à la vitesse idéale que devrait respecter le pilote.

3.2. - Cas du vent arrière

Dans le cas inverse du vent dans le dos, pour arriver à finesse max sur un point donné, le pilote pourra-t-il utiliser le même principe ?

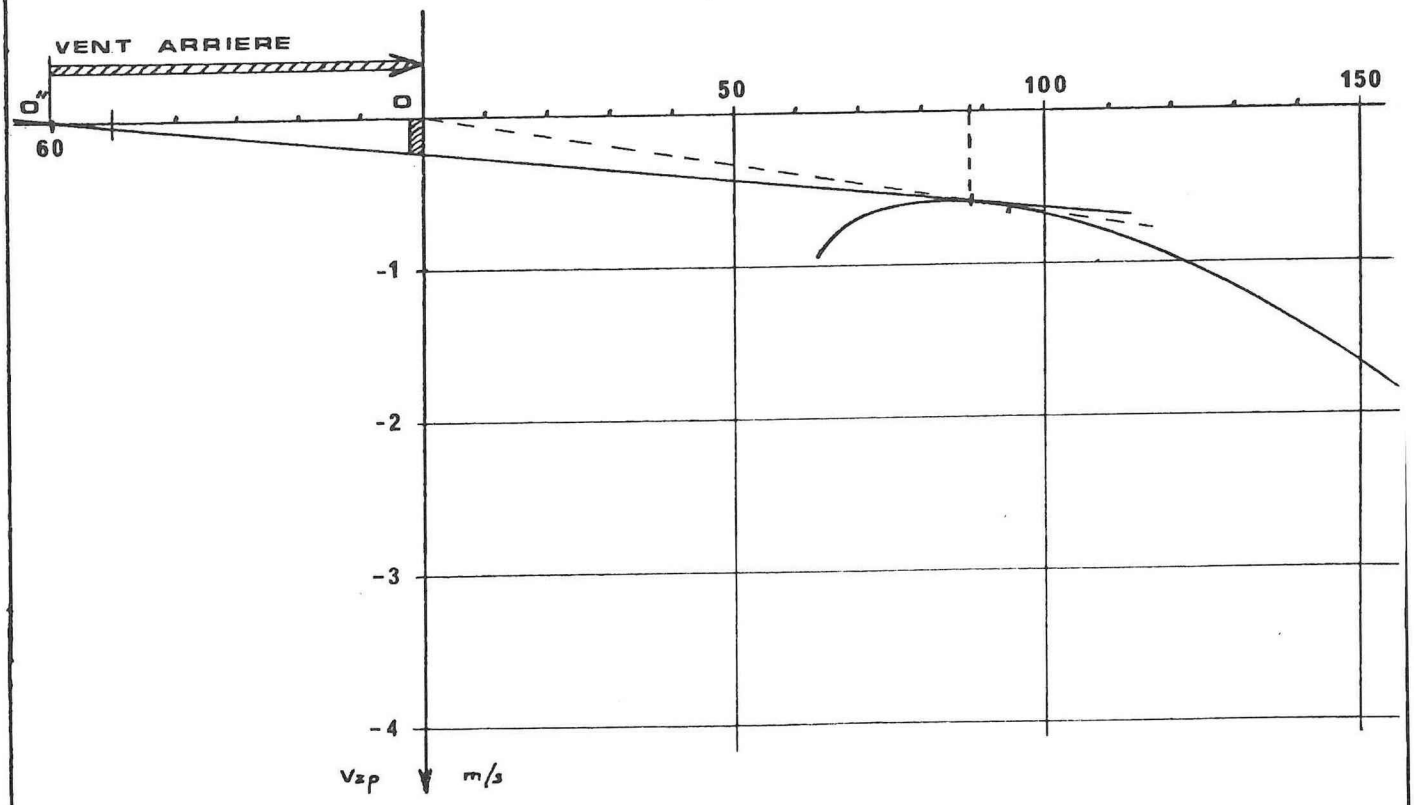
L'axe vertical, cette fois-ci, est éloigné de la polaire d'une valeur égale à la force du vent.

De la nouvelle origine "O", est issue une tangente qui détermine le point d'utilisation à finesse max en air calme. (Voir croquis n° 10).

Dans l'exemple choisi, la Vi de finesse max est de 88 km/h pour un vent arrière de 60 km/h. La vitesse/sol est de 148 km/h, le taux de chute de 0,6 m/s seulement. La finesse s'en trouve considérablement augmentée :

$$f = \frac{Vsol}{Vzp} \approx 68,5 \qquad (148 \text{ km/h} = 41,1 \text{ m/s})$$

Croquis n° 10



L'équivalent-vent est de - 0,2 m/s environ. Il faudrait donc caler la Mac Cready à - 0,2. Mais cela modifierait les indications de façon négligeable. C'est pourquoi, le calage à zéro sera maintenu, dans les transitions vent-arrière à finesse max.

Nous avons dorénavant vu tous les cas de vol à finesse max :

. Sans vent = calage du Mac Cready à zéro ;

. Avec vent arrière = calage à zéro ;

. Avec vent de face : calage à l'équivalent-vent.

Rappelons que ce régime de vol est un choix délibéré du pilote et qu'il en est d'autres, par conséquent, qui présente d'autres avantages pour la réalisation d'un circuit. Si le vol à finesse max est comparable à une conduite économique, un vol rapide, correspondant à une conduite plus sportive, est envisageable lorsque l'énergie disponible (les ascendances pour un planeur) le permettent.

* * *

* *

*

A RETENIR — Chapitre 1

1/ - La "polaire des vitesses" est la courbe d'évolution du taux de chute propre du planeur (Vzp) en fonction de sa vitesse indiquée (Vi).

2/ - Conditions de validité de la polaire des vitesses :
- Charge alaire définie
- Vol en ligne droite symétrique
- Absence d'éléments générateurs de traînée supplémentaire
- Vol en air calme
- Centrage optimal.

3/ - L'angle de plané est figuré, sur la polaire, par l'angle P, compris entre la trajectoire et l'horizontale.

4/ - La finesse est avant tout un élément d'évaluation de l'angle de plané. Plus elle est grande, plus cet angle est petit.

5/ - Points caractéristiques :
- Vi de décrochage
- Taux de chute mini
- Finesse maximale.

6/ - La courbe Mac Cready se définit comme la courbe d'évolution de la Vi de finesse max en fonction du taux de chute lu au vario.

7/ - La vi de chute mini est inscrite face à l'index de l'anneau Mac Cready placé sur le 0 du vario pour le vol à finesse max.

8/ - L'erreur communément appelée "Course au Mac Cready" est due à une trop grande précipitation dans le changement de vitesse de vol.

9/ - En air calme, pour un vent de face de 60 km/h ou bien pour un taux de chute masse d'air de - 1 m/s sans vent, l'angle de plané est identique (pour un planeur dont la finesse max est supérieure à 35). Pour le vol à finesse max face au vent, l'index du Mac Cready doit donc être calé sur l'équivalent-vent.

10/ - Les transitions vent-arrière à finesse max se font avec le Mac Cready calé à 0.

11/ - Le vol à finesse max est un régime de vol délibérément choisi par le pilote, parmi d'autres possibilités.

* * *

*

EXERCICES SE RAPPORTANT AU CHAPITRE I

Vous trouverez à la page suivante la polaire des vitesses d'un autre planeur :

- Quelles sont :
  - . la VS1 _____ km/h
  - . la Vi de chute mini ? Vi = _____ km/h
  - . la Vzp mini ? Vzp = _____ km/h
- La finesse max de ce planeur est de ? f = _____

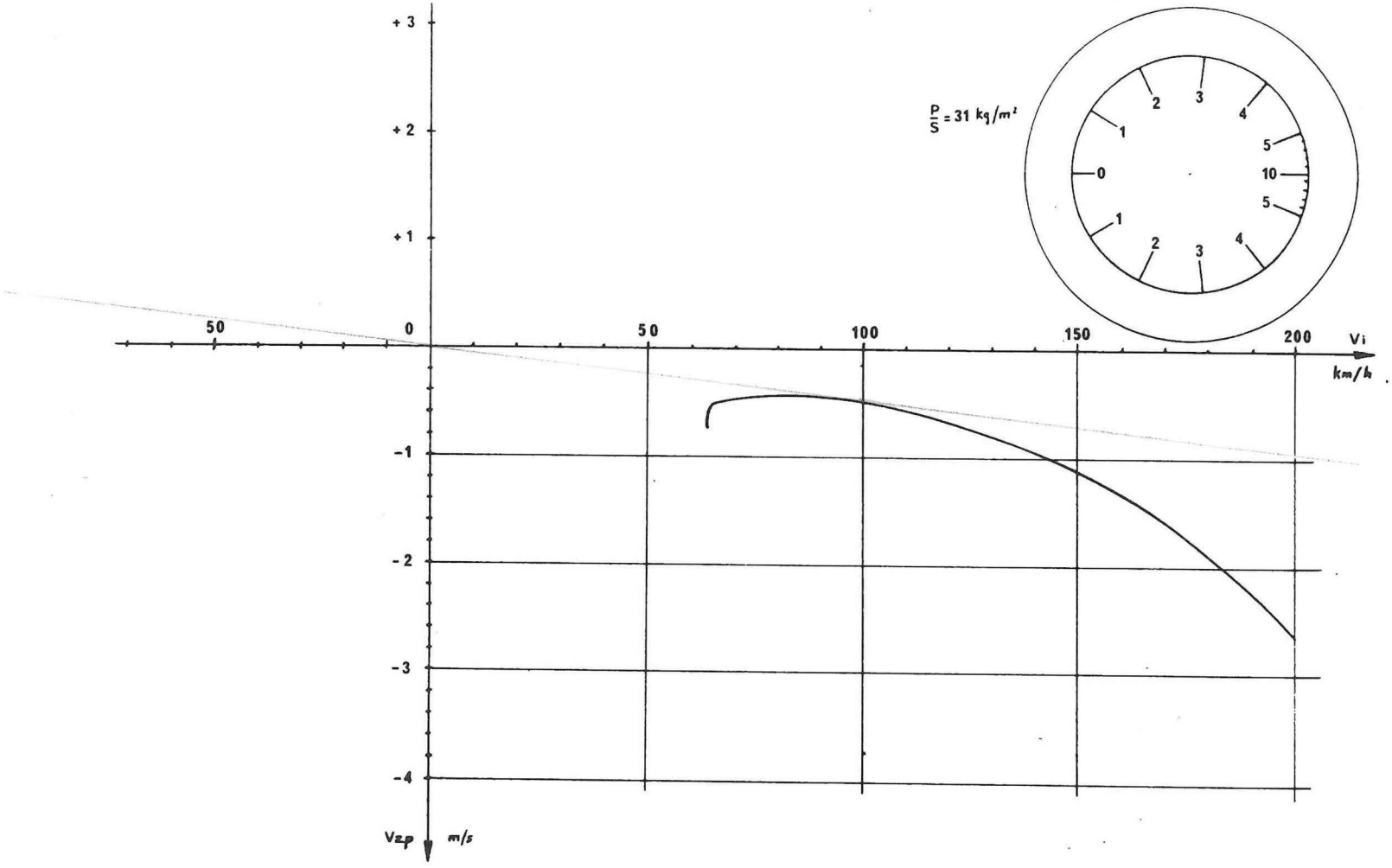
  Ce qui correspond à un angle de plané de ? P = _____°
- Si le planeur traverse une masse d'air chutant à 1 m/s (sans vent),
  - . Quelle sera la vitesse de finesse max à adopter ?

    Vi = _____ km/h
  - . Quel sera le taux de chute propre du planeur ?

    Vzp = _____ m/s
  - . Quel sera le taux de chute lu au vario ?

    Vzd = _____ m/s
  - . Quelle sera la finesse effective ? f = _____
- Tracez la courbe M-C et graduez l'anneau correspondant.
- Vous essayez de rejoindre votre terrain de départ (sans espoir de trouver d'ascendances) avec 70 km/h de vent de face, quels seront :
  - . le calage Mac Cready ? _____
  - . la vitesse de transition adoptée ? Vi = _____ km/h
  - . la finesse max envisageable ? f = _____
- Renonçant à cette possibilité, vous comptez rejoindre un autre aérodrome, sous le vent de votre position actuelle, quels sont :
  - . le calage Mac Cready ? _____
  - . la vitesse de transition adoptée ? Vi = _____ km/h
  - . la finesse max envisageable ? f = _____

* * *


+ 3
+ 2
+ 1
-1
- 2
-3
-4
50
0
50
100
150
200
Vi
km/h
Vzp
m/s
P/S = 31 kg/m²
0
1
2
3
4
5
10
5
1
2
3
4

II - LE VOL A VITESSE DE CROISIERE MAXIMALE

Avant de pouvoir comparer le régime de vol à finesse max (que nous connaissons bien dorénavant) à d'autres régimes de vol, il nous faut savoir le bilan d'un vol. Ce bilan, pour un voyage aérien, comme pour tout autre déplacement, se fait grâce à l'appréciation de la vitesse de croisière, sur une partie ou sur l'ensemble d'un circuit.

Lorsque nous saurons calculer cette vitesse de croisière (Vcr), nous pourrons chercher à l'améliorer et cela nous obligera, enfin, à comparer l'importance des différents éléments dépendants du vélivole, dans ce but-là.

1/ - La notion de vitesse de croisière

1.1. - Définition

La vitesse de croisière (Vcr) est une vitesse moyenne réalisée sur un circuit donné ou une portion de ce circuit. Elle est donc le rapport entre une distance et le temps mis à la parcourir.

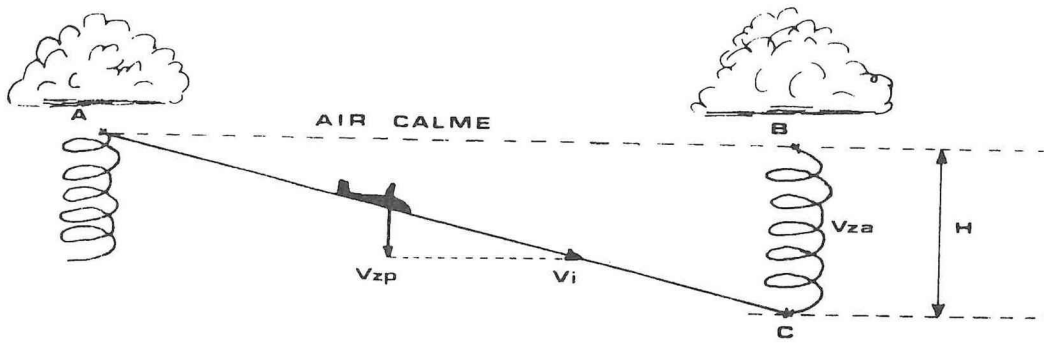
$$Vcr = \frac{\text{Distance}}{\text{Temps}}$$

Nous allons nous intéresser à la Vcr d'un planeur passant d'une ascendance à une autre, volant à une vitesse de transition notée Vi, en air calme (Vzw = 0).

(Pour rendre le calcul plus simple, Mac Cready pose comme hypothèse que la masse d'air est calme entre les 2 ascendances. La validité de cette hypothèse sera discutée au paragraphe 2-4).

Dans cet exemple, nous allons choisir Vi = vitesse de finesse maximum.

Croquis nº 11



1.2. - Démonstration

C'est le temps de passage de A en B qui doit être considéré. En effet, en B, le planeur aura retrouvé l'altitude qu'il avait en A et sera donc dans la même situation, exactement. La distance AB sera donc parcourue, en fait en deux temps, un temps de transition en descente (tD) et un temps de spirale en montée (tM). La vitesse de croisière sera donc :

$$Vcr = \frac{AB}{tD + tM}$$

Or, vu le très faible angle de plané réel (moins de 2° dans ce cas), il est possible de dire que AB = AC. Nous pouvons aisément mesurer AC, transition effectuée à une vitesse connue (Vi de finesse max) et un temps donné (tD) :

$$AB = AC = Vi \times tD \quad \text{d'où} \quad Vcr = Vi \frac{tD}{tD + tM}$$

Restent à déterminer tD et tM.

Au cours de la transition, le planeur a perdu une hauteur H à une vitesse de chute Vzd (qui en l'occurence égale Vzp puisque Vzw = 0). On a donc :

$$tD = \frac{H}{Vzp}$$

Au cours de la spirale, le planeur est remonté d'une même hauteur H à une vitesse ascendante Vza ; donc :

$$tM = \frac{H}{Vza}$$

Si nous revenons à l'égalité de départ, nous pouvons maintenant l'écrire ainsi :

$$Vcr = Vi \frac{\frac{H}{Vzp}}{\frac{H}{Vzp} + \frac{H}{Vza}}$$

qu'en simplifiant nous écrivons successivement :

$$Vcr = Vi \frac{\frac{1}{Vzp}}{\frac{1}{Vzp} + \frac{1}{Vza}} = Vi \frac{\frac{1}{Vzp}}{\frac{Vza + Vzp}{Vza \cdot Vzp}} = Vi \frac{1}{Vzp} \cdot \frac{Vza \cdot Vzp}{Vza + Vzp}$$

Après simplification, il reste :

$$\boxed{Vcr = Vi \cdot \frac{Vza}{Vza + Vzp}}$$

Cette formule montre que la vitesse de croisière théorique d'un planeur sur une portion de circuit dépend des vitesses de montée et de descente du planeur, de la vitesse de transition affichée par le pilote, mais est indépendante des hauteurs gagnées et perdues dans cette portion de circuit.

Exemple : Le planeur pris en exemple dans le 1er chapitre avait une Vi de finesse max de 94 km/h ≃ 26 m/s. A cette vitesse, sa Vzp était de 0,63 m/s. Si ce planeur rencontre des ascendances effectives de 3 m/s (lus au vario = Vza), sa vitesse est :

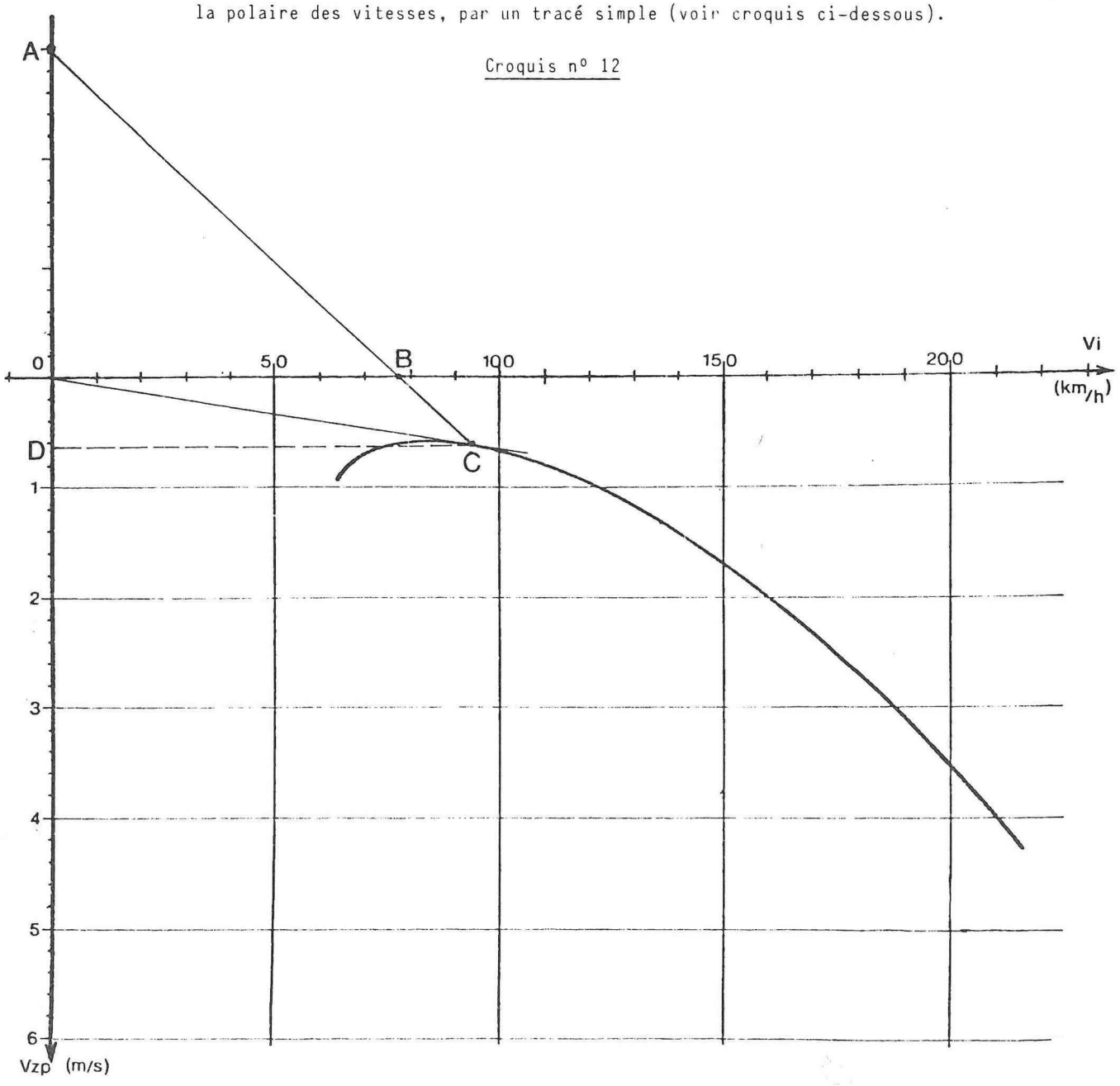
$$Vcr = 26 \cdot \frac{3}{3,63} = 21,5 \text{ m/s}$$

$$Vcr \simeq 77,5 \text{ km}$$

1.3. - Démonstration graphique

La méthode précédente qui permet au vélivole de comprendre comment on calcule la Vcr, n'est pourtant pas d'une utilisation très facile pour lui. Par contre, et c'est beaucoup plus pratique, il peut prendre connaissance de la Vcr directement par la polaire des vitesses, par un tracé simple (voir croquis ci-dessous).

Croquis n° 12



Le point C est le point d'utilisation de la polaire (dans l'exemple ci-dessus, point de finesse max en air calme sans vent, correspondant à un calage 0).

Arbitrairement, le point A marque la valeur de la Vza rencontrée. Le point D est la projection de C sur l'axe vertical. Le point B, l'intersection de AC avec l'axe horizontal.

Les deux triangles AOB et ADC sont semblables. Les rapports entre leurs côtés similaires sont donc égaux. En particulier :

$$\frac{OB}{DC} = \frac{AO}{AD} \quad \text{ou encore} \quad OB = DC \cdot \frac{AO}{AD}$$

Si nous remplaçons DC, AO et AD par leur valeur :

$$DC = Vi$$
$$AO = Vza$$
$$AD = AO + OD = Vza + Vzp$$

donc $OB = Vi \dfrac{Vza}{Vza + Vzp}$, si on compare à la formule précédente, on voit : $OB = Vcr$

Puisque le calcul de **la vitesse de croisière ne dépend pas de la hauteur perdue ou regagnée, ni de la distance parcourue, mais de la Vza, la Vzp et la Vi,** le vélivole peut connaître cette valeur pour un circuit tout entier. Il suffit dans ce cas de considérer la Vza moyenne qu'il rencontrera (information météo), et de déterminer le régime de vol (Vi en transition). Avant le décollage, le vélivole pourra donc estimer la longueur du circuit réalisable en fonction de la Vcr ainsi calculée et du temps dont il disposera.

Exemple : Reprenons le planeur qui nous a servi dans l'exemple précédent (voir p. précédente). Un vélivole se voit confier ce planeur pour 3 heures de vol sur la campagne. Il compte voler à finesse max et les ascendances moyennes prévues pendant ces 3 heures-là sont de 3 m/s.
Il n'y a pas de vent.
Sa Vcr sera de 77,5 km/h.
Son temps de vol de 3 h.

Il pourra donc raisonnablement faire un panneau de circuit de 200 km, le maximum possible dans ces conditions étant de 232,5 km.

Questions : - Un autre vélivole, à bord de ce même planeur, pourrait-il faire un plus grand circuit dans les mêmes conditions et le même temps de vol ?

Et si oui, quel est le plus grand circuit réalisable dans ce cas-là ?

2/ - La recherche de Vcr max

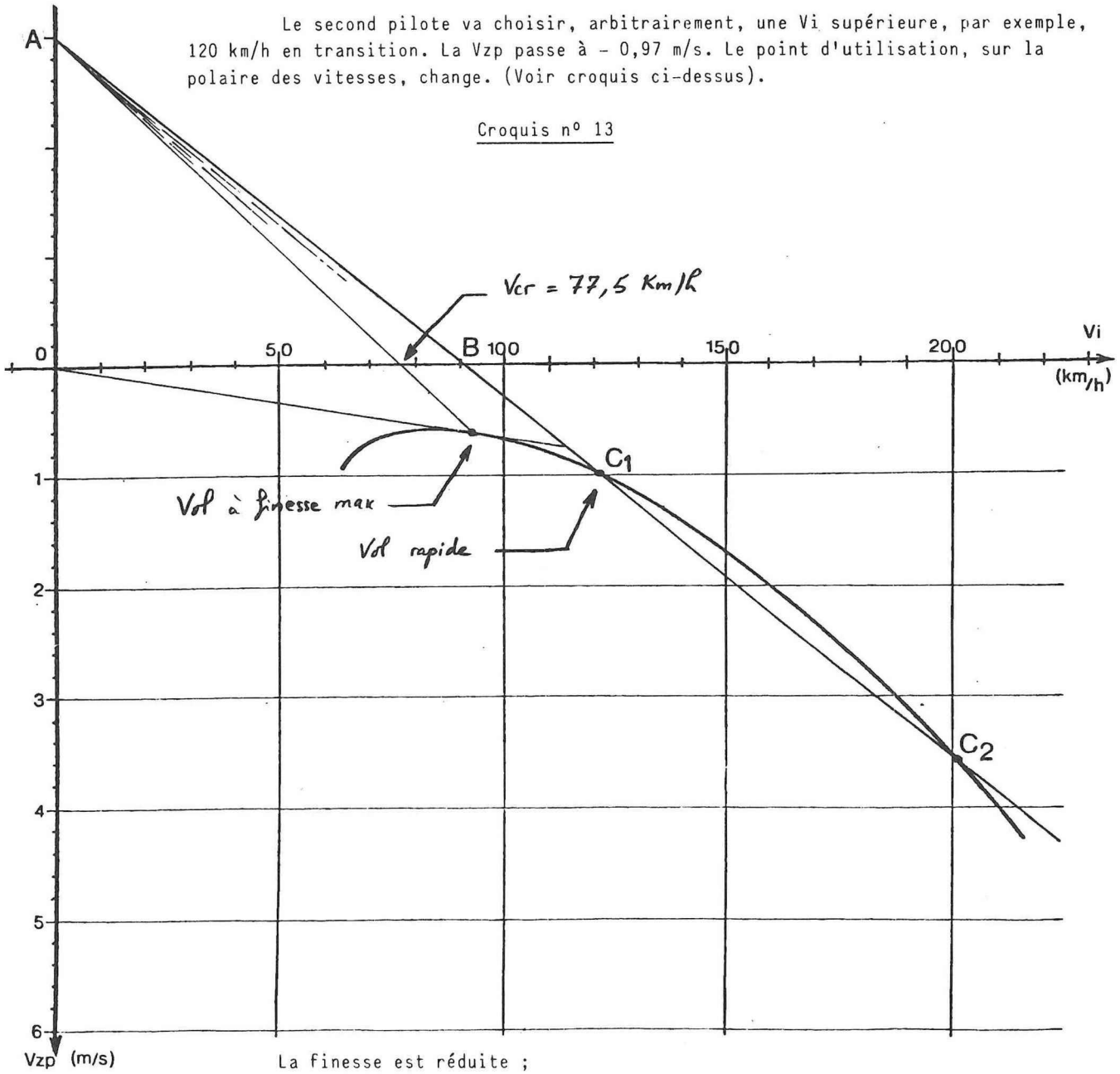
La réponse à ces deux questions est liée, bien entendu à la possibilité d'accroître et d'optimiser la Vcr durant cette période et c'est ce que nous allons voir maintenant.

2.1. - Accroissement et optimisation de Vi en transition

Dans l'exemple choisi, la Vza et les conditions rencontrées en transition (Vzw = 0) sont fixées. La seule variable dépendant du pilote reste donc la Vi en transition. En effet, comme cela a déjà été dit, le vol à finesse max est un choix du vélivole. Il est possible de voler plus vite en transition entre deux ascendances. Voyons quelles seront les conséquences sur la Vcr.

Le second pilote va choisir, arbitrairement, une Vi supérieure, par exemple, 120 km/h en transition. La Vzp passe à - 0,97 m/s. Le point d'utilisation, sur la polaire des vitesses, change. (Voir croquis ci-dessus).

Croquis n° 13



La finesse est réduite ;

$$f = \frac{Vi}{Vzp} = \text{environ } 34$$

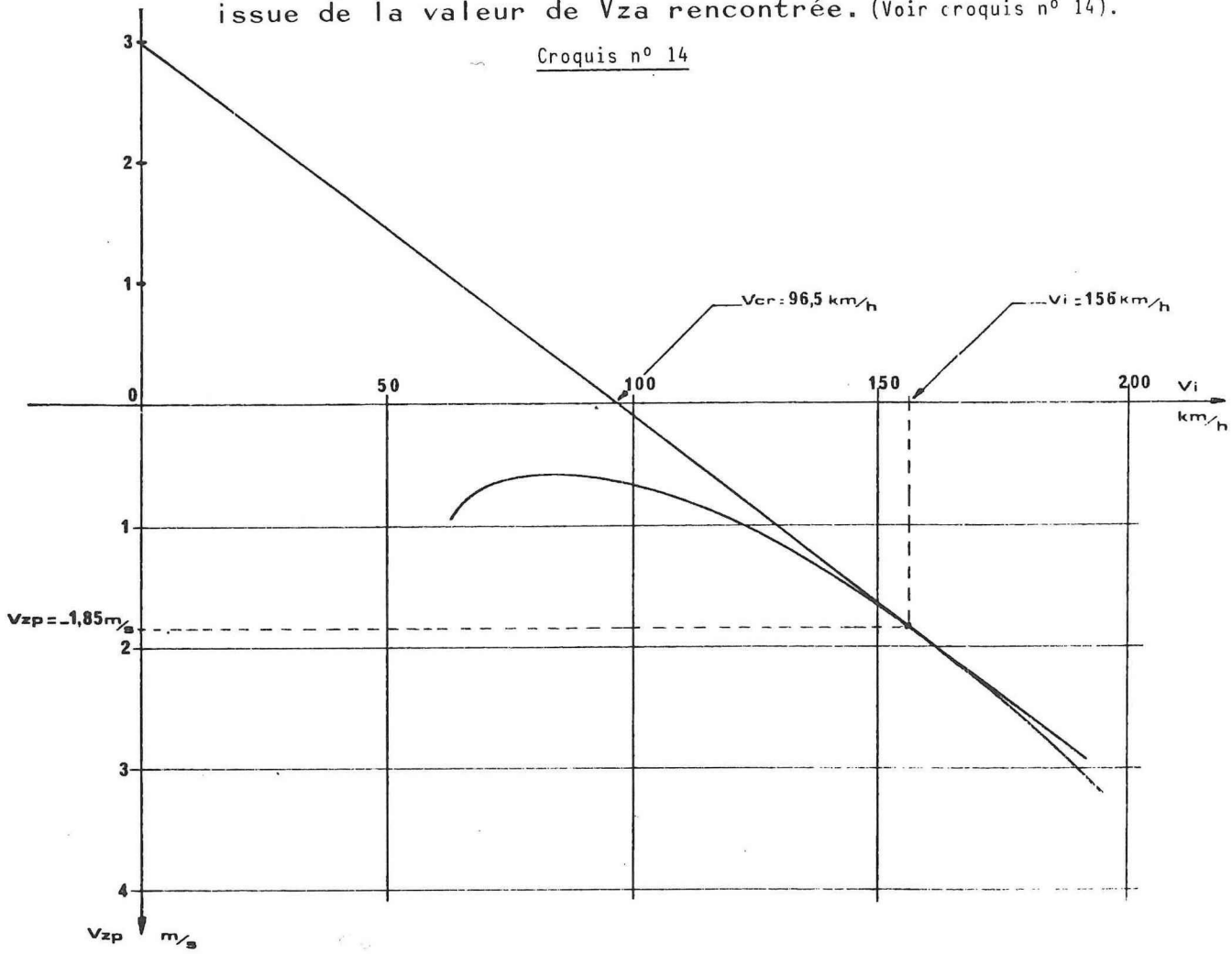
Mais la Vcr a augmenté sensiblement. Elle est passée à : Vcr environ 90 km/h.

Ce vélivole pourrait, en trois heures, prévoir un circuit de 250 km (au maximum 270 km).

N.B. : Si vous observez le croquis ci-dessus, vous noterez qu'un vol en transition à 200 km/h, donnerait le même résultat du point de vue de la Vcr.

Cependant, aucune de ces deux solutions (points C1 et C2) n'est optimale. Sur le croquis, il apparaît bien que **la meilleure valeur de Vcr est obtenue lorsque le point d'utilisation sur la polaire est le point de contact entre la polaire et la tangente issue de la valeur de Vza rencontrée.** (Voir croquis n° 14).

Croquis n° 14



2.2. - Calage Mac Cready et vol à Vcr max

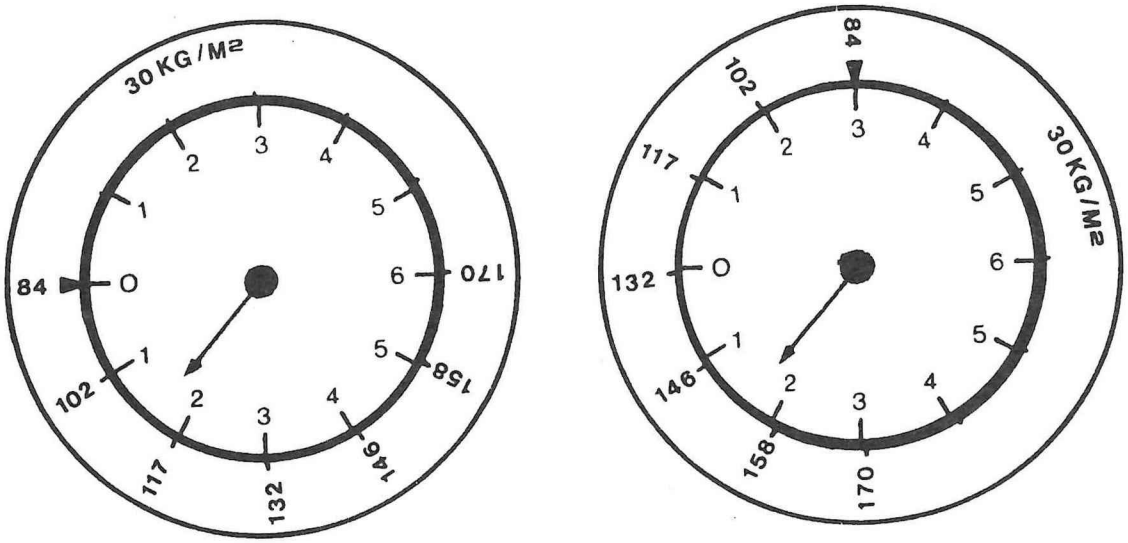
a) - Comment le vélivole peut-il obtenir en vol l'indication de la Vi à suivre qui lui donnera la Vcr max ?

Regardons l'anneau Mac Cready (voir page suivante) et comparons-le avec les paramètres donnés par la polaire du croquis n° 14 pour le vol à Vcr max lorsque Vza = + 3 m/s :

Vi = 156 km/h
Vzd = Vzp = - 1,85 m/s.

Si le pilote maintient son anneau MC calé sur zéro et vole à la vitesse optimale théorique de 156 km/h, l'aiguille du vario est sur - 1,85 m/s et indique une vitesse de 115 km/h qui ne présente aucun intérêt. Il apparaît que l'écart sur l'anneau MC entre ces 115 km/h et les 156 km/h à obtenir est égal à 3 graduations sur le vario. (Voir page suivante).

Le pilote devra faire correspondre, par une rotation de l'anneau Mac Cready, l'indication du taux de chute et l'indication de Vi à suivre en transition. La valeur 156 vient en face de - 1,85 m/s, et vous noterez alors que l'index du Mac Cready est aligné sur la valeur + 3 du vario. C'est exactement le principe du calage Mac Cready pour le vol à Vcr max : il suffit de placer l'index de la couronne des vitesses sur la valeur de la Vza espérée dans la prochaine ascendance.



b) - A partir de là, l'utilisation du Mac Cready pour le vol à Vcr max est simple, mais doit être rigoureusement respectée dans sa logique.

Le pilote traversera successivement des zones de descendances puis d'ascendances moyennes où il ne s'arrêtera pas pour spiraler. Il adoptera alors les Vi qui lui seront indiquées par son anneau Mac Cready.

Exemple :

- *Traversée d'une zone où Vzd = - 1 m/s*
  Vi = 146 km/h

- *Traversée d'une zone où Vza = + 0,5 m/s*
  Vi = environ 125 km/h.

D'autre part, le vélivole, qui vole au régime de Vcr max, va refuser de s'arrêter dans les ascendances inférieures à 3 m/s et ne spiralera que dans des ascendances supérieures ou égales à 3 m/s.

Dans l'hypothèse de Mac Cready, les transitions se feront dans une masse d'air globalement calme (bilan Vzw = 0) à une Vi moyenne en transition de 156 km/h avec une Vzd = - 1,85 m/s.

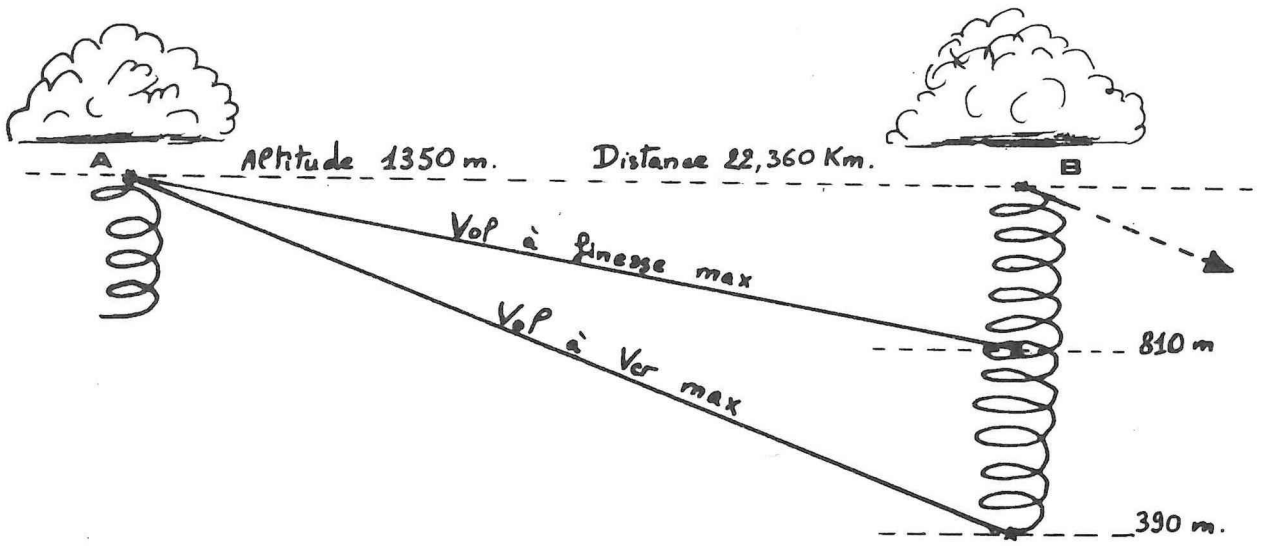
La finesse sera réduite à :

$$f = \frac{43,3}{1,85} = \text{environ } 23$$

Exemple : Deux planeurs identiques volent un à finesse max, l'autre à Vcr max. Les Vza valent + 3 m/s, le bilan Vzw = 0 en transition et le vent est nul.

Ils partent ensemble du plafond (1 350 m) vers une ascendance + 3 m/s située à 22,360 km de là.

Croquis n° 15



Comparons les deux vols :

	1 - Vol à finesse max	2 - Vol à Vcr max
Altitude de départ.....	1 350 m	1 350 m
Vi en transition.....	Vi = 94 km|h = 26 m|s	Vi = 156 km/h 43 m/s
Temps de descente.....	Td1 = 860"	Td2 = 520"
Taux de chute.....	Vzp1 = 0,63 m/s	Vzp2 = - 1,85 m/s
Perte d'altitude.....	H1 = 540 m	H2 = 960 m
Finesse.....	f = 41,5 (finesse max)	f = 23
Raccrochage à.....	810 m environ	390 m
Temps de montée au plafond.....	tM $\frac{540}{3}$ = 180"	tM = $\frac{960}{3}$ = 320"
Temps total de A en B.....	tAB = 1040" 17'34"	tAB = 840" 14'

Conclusion : Le planeur n° 2 sera reparti de l'ascendance B avant même que le n° 1 n'y soit arrivé.

N.B. : Dans la démonstration, jusqu'ici, la montée dans l'ascendance a été placée à la suite de la transition. Mathématiquement, le même résultat aurait été obtenu en inversant ces deux phases. Il semble cependant évident qu'en ce qui concerne le calage Mac Cready, c'est bien la force de l'ascendance suivante que le pilote doit pressentir puis afficher. Il serait illogique, par exemple, de perdre beaucoup d'altitude avec un calage + 3 alors qu'il est visible que l'ascendance à venir n'est que de + 1 m/s.

La Vcr max sera donc obtenue en calant le Mac Cready à une valeur égale à celle de la Vza espérée en avant. Les ascendances précédentes ne peuvent servir que d'élément de référence pour évaluer la valeur de celle-ci.

Pour vérifier cela, faites l'exercice suivant :

Exercice : Les deux mêmes planeurs ayant trouvé une ascendance de 3 m/s, en A, espèrent 3 m/s en B. Ils adoptent les mêmes régimes de vol que dans l'exemple ci-dessus, mais, arrivés en B, ne trouvent en fait que du 1 m/s. Faites la comparaison des deux temps
tAB = tD + tM.

	1 - Vol à finesse max	2 - Vol à Vcr max
Altitude de départ.....	1 350 m	1 350 m
Temps de descente.....	Td1 = 860"	Td2 = 400"
Perte d'altitude.....	H1 = 540 m	H2 = 960 m
Raccrochage à.....	810 m	390 m
Temps de montée au plafond.....	Tm = 13'50"	Tm = 390" 6'5"
Temps total de A en B.....	TAB = 1670" ≃ 28'	TAB = 790" ≃ 14"

Tirez-en les conclusions

Si nous faisons le **bilan du vol à Vcr max**, nous notons plusieurs choses importantes :

- Pour voler à Vcr max, **le vélivole cale son Mac Cready à la valeur estimée de l'ascendance suivante.**

- **Il accepte de perdre une partie de la finesse disponible** (f passe de 41,5 à 21 dans notre exemple).

- En contrepartie, **il gagne beaucoup de temps dans les transitions** et peut donc faire un circuit plus long (ou plus rapide).

- **Il doit être sûr de trouver une ascendance supérieure ou égale à son calage.**

- **Il est conduit à raccrocher à plus basse altitude** que s'il volait plus lentement.

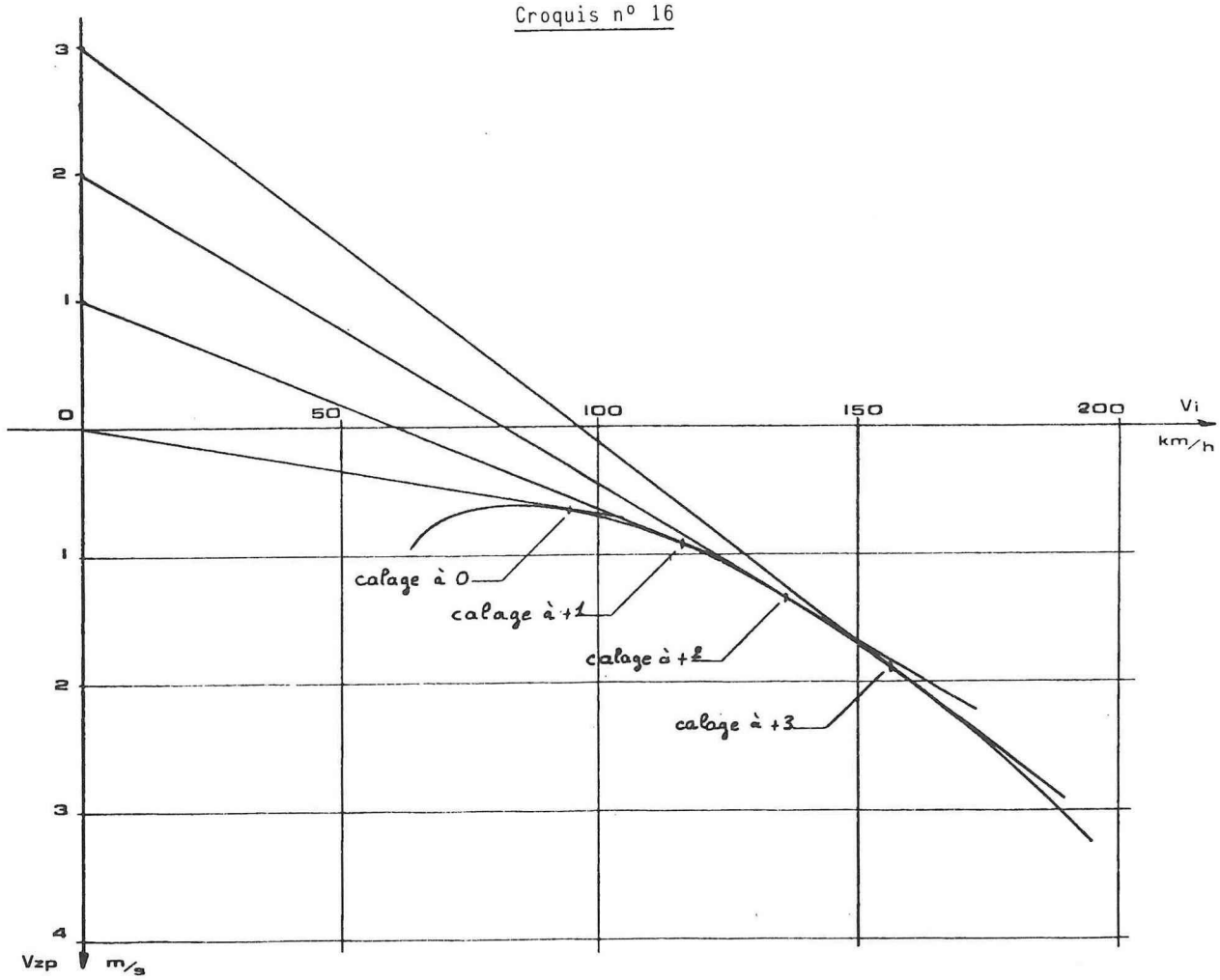
N.B. : Il ne faut pas assimiler Vza et calage Mac Cready. Ce sont deux paramètres qui peuvent être dissociés. On sait que pour avoir la Vcr max, il faut que Vza = calage MC. Mais, nous avons vu, dans un exemple précédent, qu'on peut très bien faire un circuit avec des Vza de 3 m/s et un calage 0, c'est-à-dire avec le régime de vol à finesse max.

- Le paramètre Vza est un point porté par l'axe vertical sur le graphique de la polaire des vitesses.

- Le paramètre Calage est choisi par le pilote et détermine un point sur la polaire des vitesses. Ce point est le point de contact de la polaire avec la tangente issue de la valeur du calage choisi sur l'axe vertical.

On peut très bien inscrire sur la polaire les points correspondant aux différents calages. (Voir croquis ci-dessous).

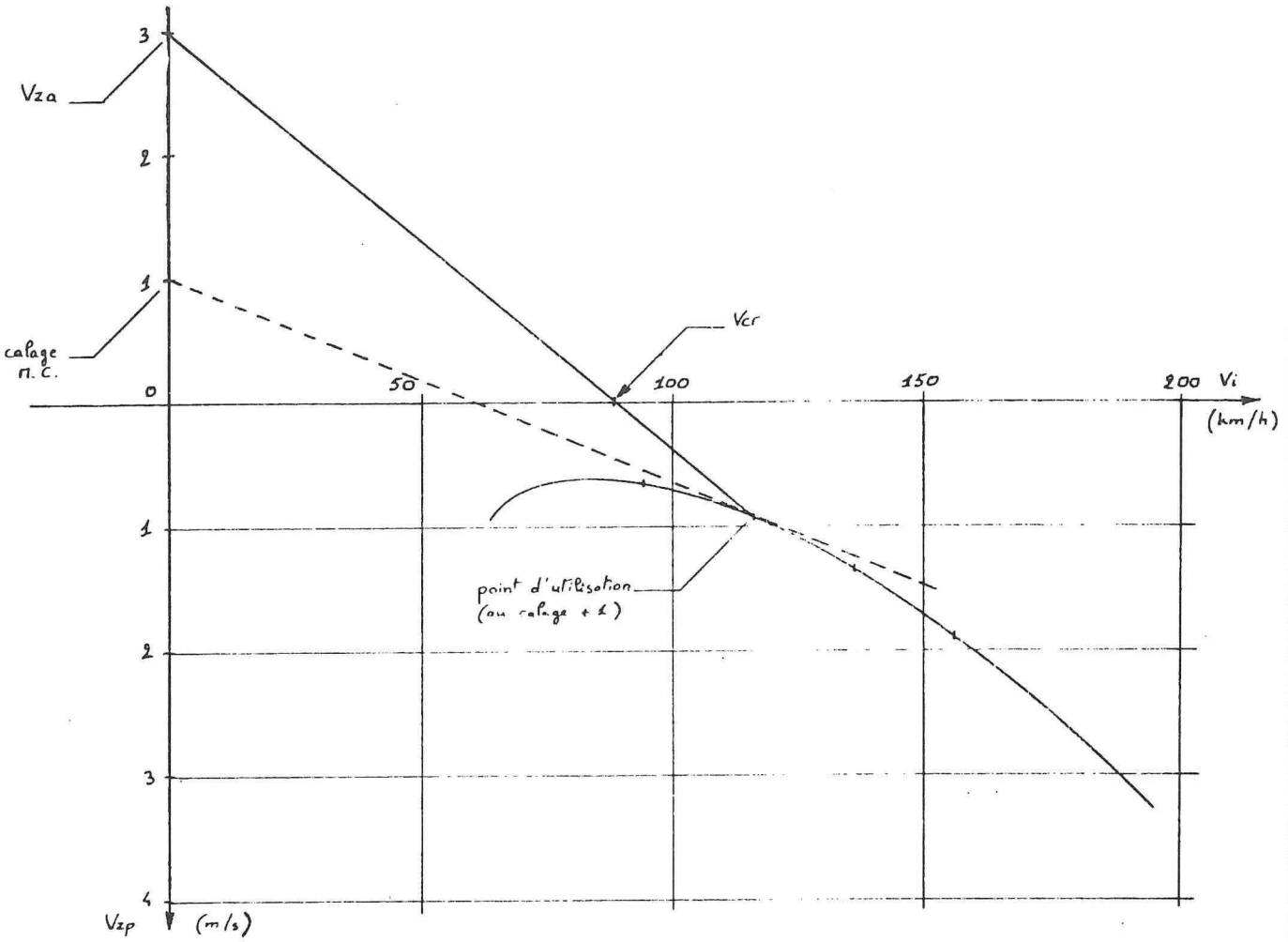
Croquis n° 16



Par la suite, à partir d'une valeur définie de Vza, il est possible de calculer la Vcr quel que soit le calage adopté. (Voir exemple page suivante).

Exemple de calcul de la Vcr

Croquis n° 17



Il faut bien comprendre que la valeur de Vza espérée dans la (les) prochaine (s) ascendance (s) n'oblige pas le vélivole à adopter un calage égal à cette Vza. Une infinité de régimes de vol existe entre le vol à Vcr max (le plus rapide) et le vol à finesse max (le plus économe) : chaque Vi en transition correspond à un régime de vol différent. Cependant, les vélivoles adoptent généralement des régimes de vol déterminés par un calage de l'anneau Mac Cready sur une valeur arrondie (calage à 0, à 0,5, à 1, etc...).

Notez également que, si la valeur des Vza exploitées ensuite doit être au moins égale au calage, l'inverse n'est pas obligatoire.

Dans l'exemple décrit par le croquis n° 16, le pilote adopte un régime de vol relativement lent (calage + 1) mais sélectionne les ascendances très rigoureusement de manière à obtenir une Vza de 3 m/s. Le sous-calage (calage à une valeur inférieure à la Vza) permet, en acceptant une Vcr modérée, de limiter les effets du principal inconvénient du vol rapide : forte perte d'altitude et raccrochage bas.

Ce dernier point demande à être développé, car il fait appel à la notion d'autonomie. Et, il découle de cette constatation une série de problèmes tactiques, que nous allons aborder en détail.

Exercice :

Remplissez le tableau suivant.

Evolution de la finesse, en air calme, en fonction du régime de vol (calage) adopté :

Régime de vol	*Vi en transition*	*Vzp correspondante*	*Finesse*
Finesse max (calage à 0)			
Calage à + 1			
Calage à + 2			
Calage à + 3			
Calage à + 4			

2.3. - L'autonomie et la Vcr max

Le planeur qui vole rapidement perd beaucoup de hauteur durant sa transition. Avant de quitter l'ascendance et de voler vers la suivante, le pilote doit donc évidemment se poser la question de savoir s'il dispose d'une altitude suffisante pour parcourir le chemin prévu au régime de vol optimal que la théorie Mac Cready lui indique.

Exemple : Revenons à notre dernier exemple (voir croquis n° 14). L'altitude de départ en A était de 1 350 m. Le planeur volant à Vcr max avait, sauf cas exceptionnel, de bonnes chances de raccrocher en B à 390 m.

Mais si le sol est à une altitude de 200 m QNH, ce planeur n'arrivera pas en B et se sera arrêté avant, dans une ascendance inférieure à 3 m/s ou aux vaches. L'autre planeur, lui, y parviendra à 610 m/sol, ce qui lui laisse encore toutes les chances de raccrocher et poursuivre le vol.

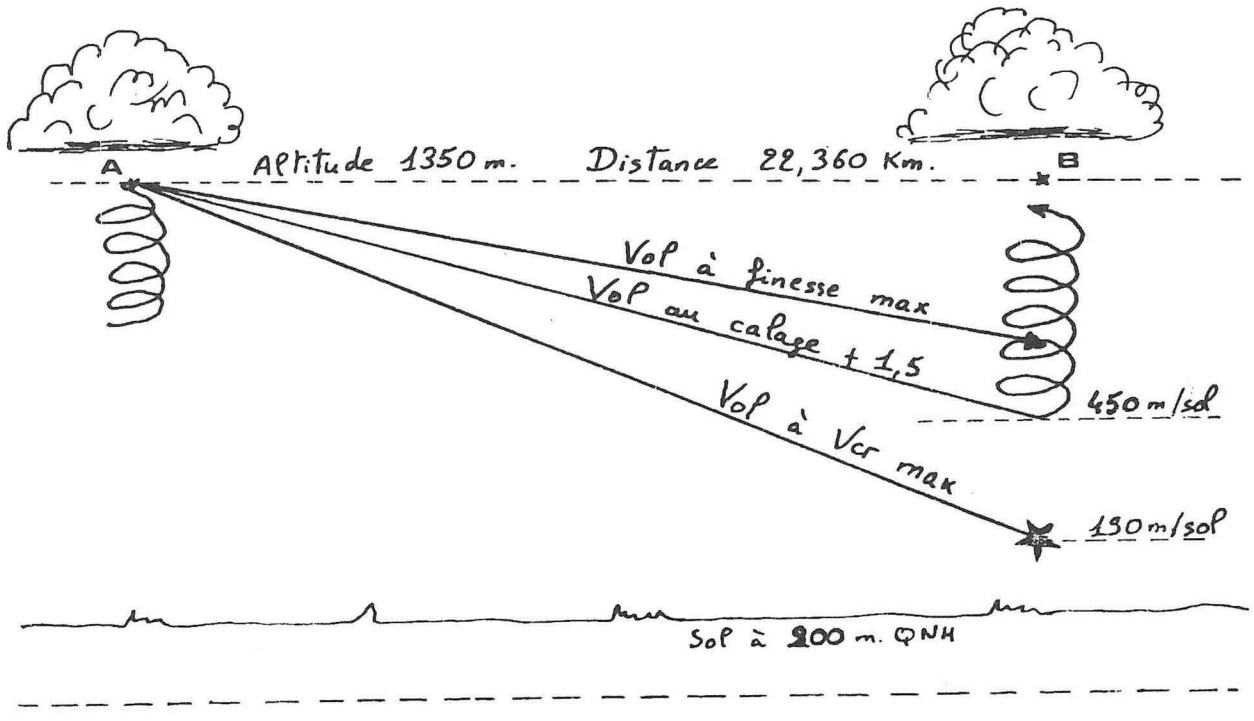
Il est donc nécessaire d'adapter sa tactique de vol, non seulement aux Vza rencontrées, mais aussi (et au préalable) à l'autonomie dont on dispose.

Un rapide calcul mental indique au pilote la perte de hauteur à prévoir. Si elle le conduit à raccrocher en dessous du plancher qu'il s'est fixé (suivant ses compétences et les conditions), il envisagera aussitôt un régime de vol plus lent pour la prochaine transition, qui lui assurera un bon compromis vitesse-autonomie.

Exemple : Le pilote calcule qu'à 22 de finesse (calage à + 3), il perdra environ 1 000 m. Cela le ferait parvenir dans la zone ascendante à 350 m QNH (soit 150 m/sol) ce qui est beaucoup trop bas. Ce régime de vol, théoriquement optimal, est donc à exclure ici. S'il fixe son "plancher" à 450 m/sol (soit 650 m QNH) en toute sécurité (zone atterrissable à disposition), il peut consommer 700 m en transition seulement. Pour parcourir 22 km, cela exige une finesse de 30.

Un calage à + 2 donne une finesse inférieure, un calage à + 1 une finesse supérieure. Un calage à + 1,5 représente alors le meilleur compromis.

Croquis nº 18



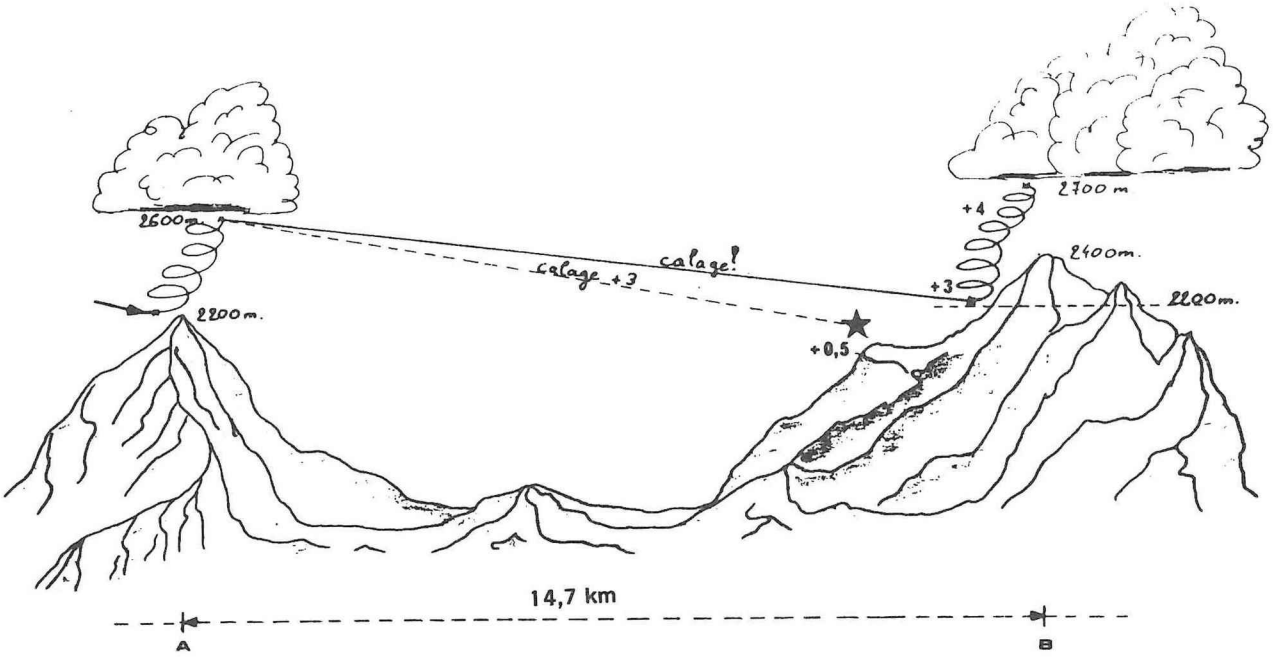
En montagne, le passage d'un obstacle vers la prochaine ascendance visée ou l'arrivée à la hauteur optimale sur une crête peuvent également conduire à ce genre d'option. (Voir exercice page suivante).

Exercice : Vous disposez du planeur utilisé plus haut. Vous devez passer de A en B dans les conditions suivantes :

A B = 14,7 km

Vzw = 0 entre A et B.
Vent nul ou négligeable.
Vza en B = 3 m/s.
(à condition d'arriver au-dessus du "plancher des ascendances").

Croquis n° 19



Le calage à + 3 amène ce planeur à une altitude trop basse en B, car son autonomie est insuffisante.

** Quelle est la finesse minimum nécessaire ?* 27

** A quel calage cette finesse correspond-elle ? (Arrondir au 1 mètre ou au mètre le + proche).* 1.5

2

** Quelle sera la Vi de transition correspondante ?* 122.5

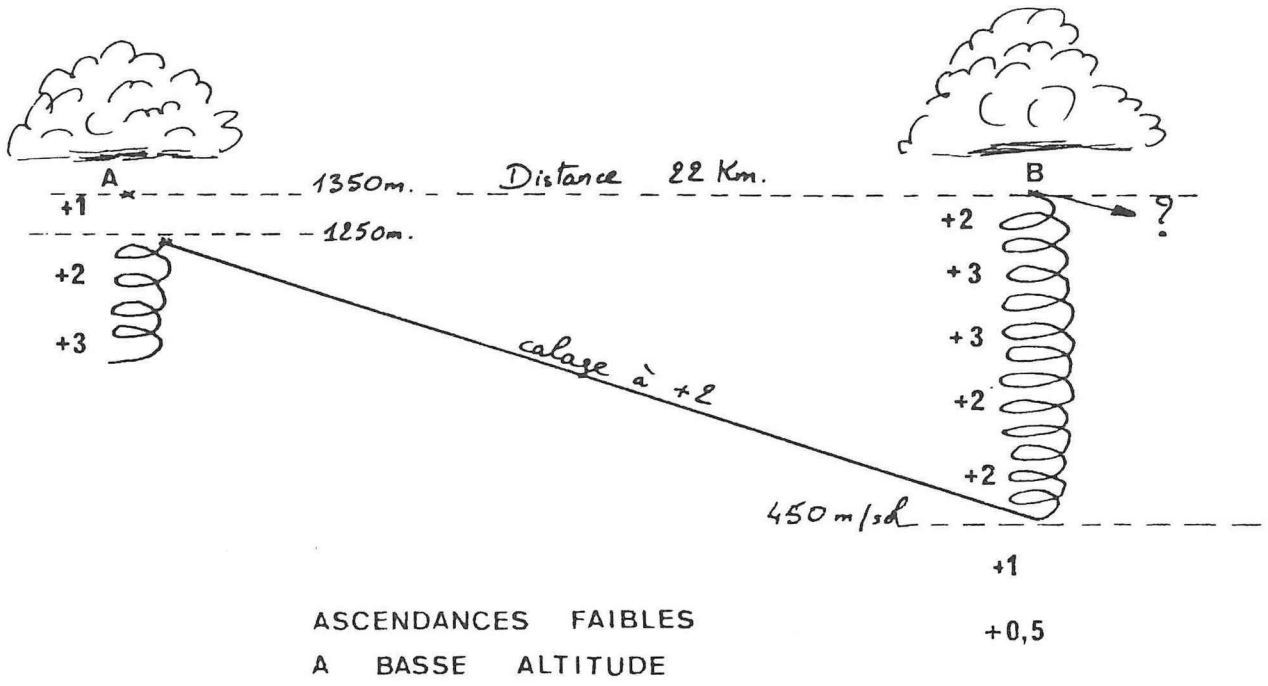
N.B. : Les valeurs des finesses à différentes Vi vous sont données par la courbe des finesses. (Voir croquis n° 3 - Chap. 1 - 1.7).

Ce dernier cas peut se présenter en plaine sous une forme quelque peu différente. Les ascendances, en effet, ne sont pas régulières et la Vza n'est donc pas forcément le même du sol au plafond. La structure verticale d'une ascendance peut poser des problèmes de tactique, si l'on veut aller vite en circuit, assez semblables à celui que nous venons de voir en montagne.

Dans ce cas, la théorie voudrait que, connaissant la répartition verticale des Vza dans l'ascendance suivante, le vélivole équilibre la Vza qu'il quitte avec celle qu'il atteindra après la transition effectuée au calage correspondant.

Exemple

Croquis n° 20



ASCENDANCES FAIBLES
A BASSE ALTITUDE

Cependant, cette technique n'est utilisable (et rentable) que si le vélivole a des informations très précises sur les ascendances en avant sur sa route ; par exemple, dans le cas d'un circuit en équipe avec d'autres vélivoles, la vitesse de croisière de chacun des co-équipiers s'en trouve parfois augmentée de façon non négligeable.

2.4. - Validité de la théorie Mac Cready et cas particuliers

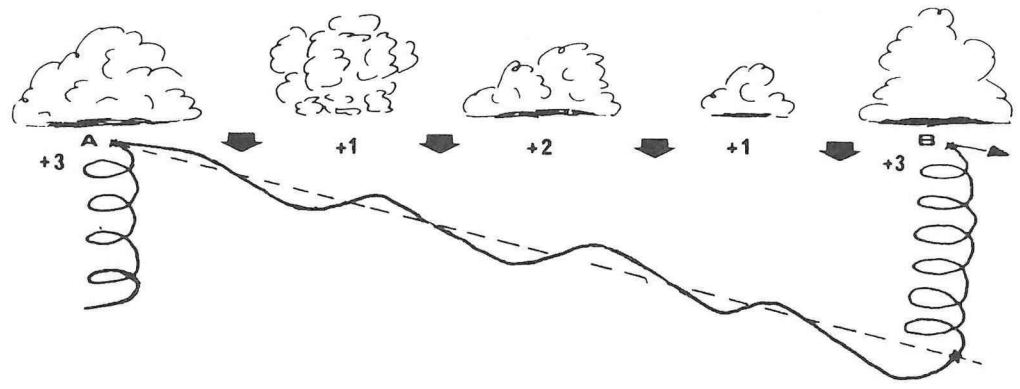
Depuis le début de l'étude de la vitesse de croisière, nous avons supposé que le planeur pris en exemple volait, pendant sa transition, en air calme. Cela correspond-il à la réalité ?

Dans l'exemple choisi précédemment, il paraît tout à fait invraisemblable de trouver un volume d'air calme entre deux ascendances de 3 m/s. En réalité, entre deux ascendances fortes et éloignées, le volume d'air traversé est animé par une succession de descendances et d'ascendances inégalement puissantes et réparties tout au long du parcours. (Voir croquis n° 21).

L'hypothèse de Mr Mac Cready est que, sur un parcours suffisamment long, les descendances et les ascendances s'équilibrent globalement. Et statistiquement, la justesse de ce raisonnement est vérifiée, de sorte que le bilan, sur une telle transition, est équivalent à une masse d'air calme (bilan Vzw = 0).

Ainsi la trajectoire d'un planeur moderne, en réalité ondulante de Vzw - en Vzw + peut se ramener schématiquement à la trajectoire en air calme à la Vi de transition choisie.

Croquis n° 21



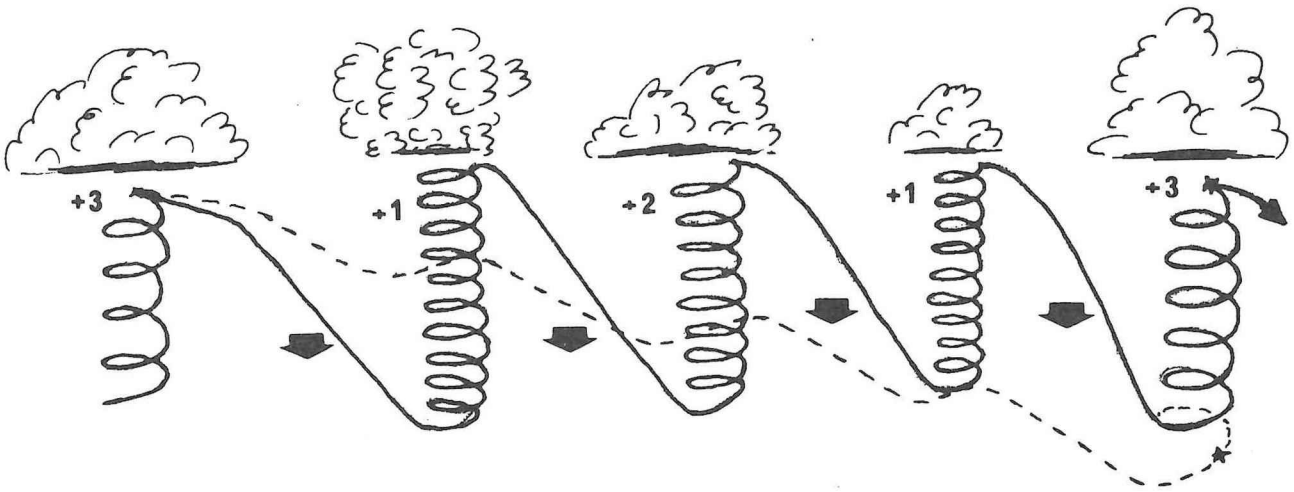
BILAN GLOBAL Vzw=O EN TRANSITION

Ces précisions nous amènent tout naturellement à définir certains cas exceptionnels où les résultats de la théorie Mac Cready sur la Vcr ne peuvent être appliqués tels quels :

* 1er cas particulier :

Supposons qu'un planeur ancien fasse la même transition que le planeur pris en exemple ci-dessus (croquis nº 21). Ayant des performances très inférieures, il serait contraint, par manque d'autonomie, de reprendre de l'altitude dans chacune des ascendances rencontrées. Ses transitions se feraient donc intégralement entre deux ascendances successives et en traversant des volumes d'air descendants. L'hypothèse de Mr Mac Cready ne se vérifie pas exactement dans ce cas.

Croquis nº 22



TRAJECTOIRE DU PLANEUR ANCIEN

N.B. : Dans certaines régions du monde (climats continentaux, désertiques ou semi-désertiques), les plafonds sont fréquemment très élevés et les ascendances très puissantes.

Il n'est pas rare, alors, que ces ascendances soient éloignées les unes des autres (des distances de l'ordre de 30 km se trouvent aisément) et que de fortes descendances existent entre elles. Le cheminement est quasiment impossible, les pertes d'altitude importantes entre deux ascendances. Cela conduit le pilote à spiraler pratiquement dans chacune de celles-ci, même s'il utilise une machine très fine. Dans ce cas, il se retrouve dans une situation similaire à celle du planeur peu fin dans nos régions.

Il faudrait alors, pour apprécier la vitesse de croisière sur un circuit ou une portion de circuit, ré-intégrer le paramètre "taux de chute masse d'air" dans le calcul :

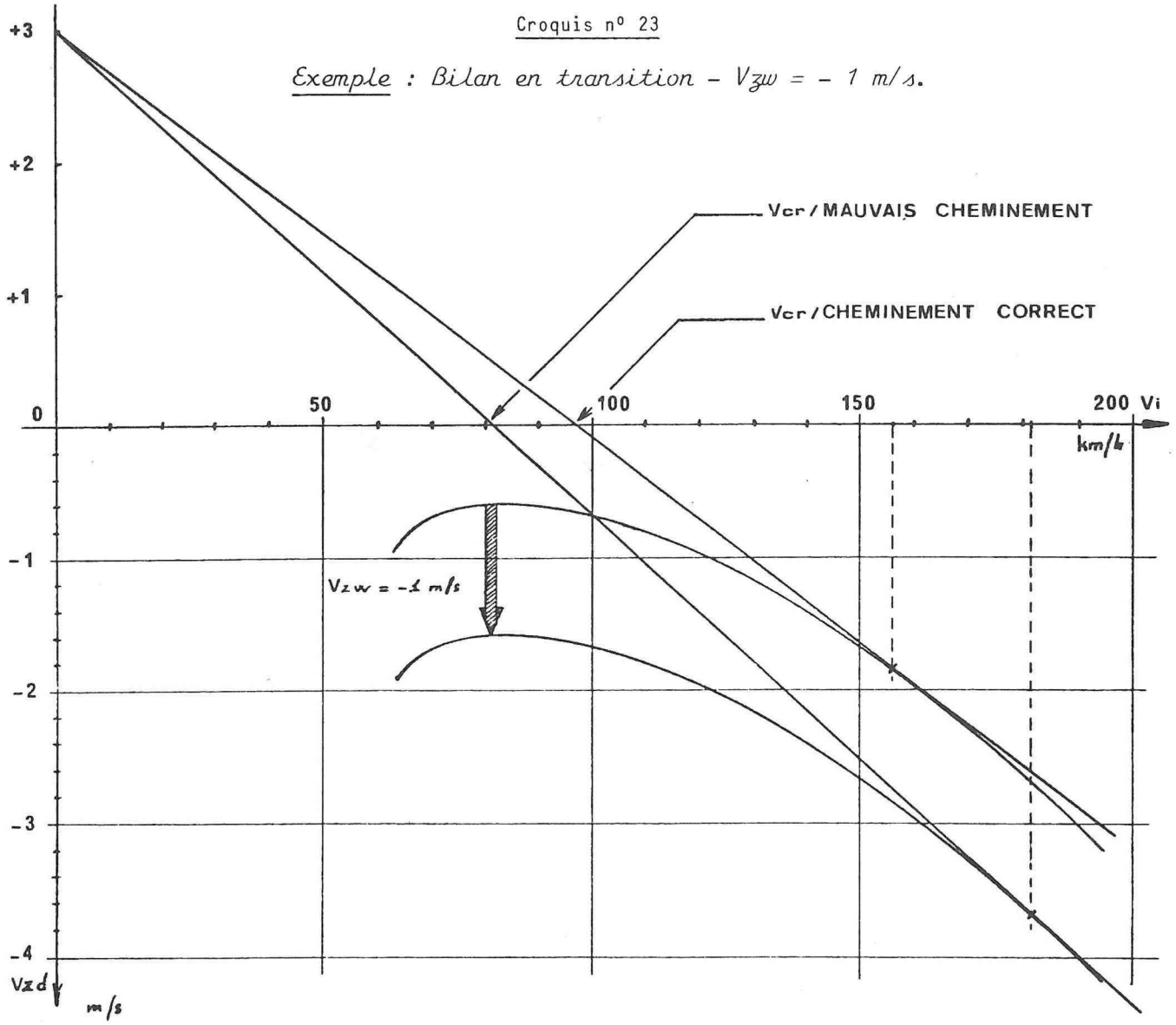
$$Vcr = Vi - \frac{Vza}{Vza + Vzd}$$

(où Vzd = Vzp + Vzw)

ainsi que sur le graphique, en utilisant une polaire décalée vers le bas d'une valeur égale à Vzw :

Croquis nº 23

Exemple : Bilan en transition - Vzw = - 1 m/s.



Ce type de vol n'est pas impensable puisque certains chercheurs ont calculé qu'il serait possible avec un planeur dont le taux de chute mini atteindrait - 0,35 m/s. La Vcr serait alors très proche de la Vi moyenne en transition.

Là encore, un pilote adroit et avisé dans ses cheminements pourrait se retrouver dans un cas identique bien qu'il n'utilise qu'un planeur moyennement fin. C'est d'ailleurs ce qui explique que certains records de vitesse ont été réalisés sur des distances assez importantes avec des moyennes très élevées : il n'y a pratiquement jamais d'arrêt dans la progression. C'est de cette façon également que de très longs circuits ont pu être commencés avec des Vza assez faibles et cependant de bonnes Vcr dans les premières heures de vol, en milieu de matinée. Les vélivoles qui ont effectué ces parcours sont partis en cheminant adroitement sous un plafond de cumulus très rapprochés et sans spiraler dans des ascendances d'ailleurs trop faibles pour être exploitées ainsi.

Le gain sur la vitesse de croisière par un bon cheminement peut être également très important.

Ces cas particuliers ne remettent pas en cause l'utilisation de la thèse Mac Cready qui peut donc nous permettre un calcul prévisionnel de Vcr pour la plupart des cas de vol dans nos régions. Encore faut-il l'employer sans erreur et, pour cela, en voir assimilé la logique sans confusion. En outre, il est important de connaître l'influence relative des divers facteurs qui entrent en jeu dans l'amélioration de la Vcr :

- Vi en transition (= calage Mac Cready) ;
- Vza moyenne (= choix et exploitation des ascendances) ;
- Vzd moyenne (= cheminement).

3/ - Importance relative des divers paramètres influant sur la Vcr

3.1. - Erreurs de calage Mac Cready

Il est assez facile de chiffrer la perte sur la Vcr en fonction des erreurs de calage, si on compare plusieurs planeurs crédités des mêmes Vza en spirale et Vzd (= Vzp) en transition.

Exemple : quatre planeurs identiques effectuent une même portion de circuit avec Vza = + 2 m/s, Vzw = 0 en transition et vent nul. Ils adoptent tous des calages différents, de 0 à + 3. Quelle sera la perte relative des 3 planeurs qui n'ont pas calé à Vcr max par rapport à celui qui a choisi ce régime de vol ?

Bilan

- *Planeur ayant transité au calage + 2 (Vcr Max)*
  Vi en transition 136 km/h
  Vcr Max = 82,5 km/h

- *Planeur ayant transité au calage + 3 (sur-calage de 1 m)*
  Vi en transition 156 km/h
  Vcr = 81 km/h, soit une perte de 2 %.

Commentaires :

a) - Une erreur de calage de 1 m en plus ou en moins (soit un écart de + 20 km/h par rapport à la Vi idéale en transition) n'engendre qu'une faible perte, en pourcentage, sur la Vcr, ayant peu de conséquences si le vol n'est pas orienté vers la compétition ou la performance maximale.

Le sous-calage de 1 m, lors d'un vol avec de fortes Vza, est peu pénalisant. C'est d'ailleurs parfois un choix délibéré du vélivole, au niveau de l'entraînement à la perfo, qui s'assure ainsi un excellent compromis entre deux tactiques de vol : la recherche de l'autonomie et celle de la Vcr maximale, économisant quelques points de finesse en transition et perdant très peu sur la vitesse de croisière.

Certains vélivoles croient pouvoir affirmer : "Dans le doute, il vaut mieux sur-caler que sous-caler, car c'est moins pénalisant sur la Vcr".

* C'est d'abord oublier que la finesse se trouve beaucoup plus fortement dégradée et que, par conséquent, la perte d'altitude en transition, beaucoup plus importante, peut créer des difficultés pour la poursuite du vol (raccrochage bas parfois aléatoire, difficulté éventuelle de rester en local permanent d'une zone atterrissable ou d'un aérodrome, fatigue et stress accrus). Et tout cela pour un gain négligeable sur le pilote qui a ~~sous~~ sur-calé d'un 1 m.

  Calage + 3..... f environ 23
  Calage + 1..... f environ 36

* C'est ensuite oublier qu'en toute rigueur, un calage du Mac Cready à + 3 amène le pilote en question à traverser sans s'y arrêter toutes les ascendances inférieures à 3 m/s. Il devra donc, dans ce cas, diminuer son calage tôt ou tard, faute de quoi il irait jusqu'au sol sans raccrocher. C'est en effet dans la rigueur de la sélection des ascendances que réside l'efficacité du vol au Mac Cready.

  Le sur-calage du Mac Cready est donc une erreur à éviter.

b) - Un sous-calage excessif devient pénalisant et peut empêcher un vélivole, disposant de tous les éléments favorables, de réaliser le circuit ou l'épreuve entrepris.

Enfin, si on compare les Vi en transition, il apparaît qu'une erreur de 10 km/h sur la tenue de vitesse est sans gravité (perte de 1 %) surtout lorsque les Vza sont fortes.

Remarque : la modification fréquente de la Vi en transition lors de la traversée successive, en ligne droite, de descendances ou d'ascendances plus ou moins fortes impose une attention soutenue. De plus, une augmentation ou une diminution de Vi à mauvais escient ou à contretemps est plus pénalisante que le maintien d'une Vi moyenne constante.

Partant de cette observation, certains vélivoles ont adopté une tactique de vol simple et assez efficace qui consiste à choisir une seule et même vitesse pour une transition entre deux ascendances sans en changer en cours de route. Cette méthode a pu être parfois présentée comme une réfutation pratique de la théorie Mac Cready. Il n'en est rien. Il s'agit en fait tout bonnement d'une façon différente d'utiliser la même théorie.

Voici comment cela se pratique.

Un vélivole va quitter une ascendance pour une autre qu'il estime à + 3 m/s. Compte tenu de son autonomie et de ses choix tactiques, il désire voler à un régime de vol correspondant au calage + 2. Ce calage donnerait une Vi moyenne en transition de 136 km/h (voir croquis n° 22). Il adopte donc une Vi de 135 km/h environ en transition et n'en change plus. C'est trop vite ou trop lent de 10 à 20 km/h lorsqu'il traverse de moyennes ascendances ou descendances. Mais cela le pénalise peu, comme nous l'avons vu plus haut. La méthode donne donc d'assez bons résultats.

Avantages :

* Le pilote doit seulement retenir ou noter quelques paramètres :

Régime de vol au calage + 1	Vi environ 115 km/h	ℓ environ 35
Régime de vol au calage + 2	Vi environ 135 km/h	ℓ environ 30
Régime de vol au calage + 3	Vi environ 155 km/h	ℓ environ 25

* L'attention du pilote, ainsi libérée, peut se concentrer sur la qualité du cheminement et la sélection des ascendances, paramètres beaucoup plus importants pour réaliser une forte Vcr, ou sur les problèmes éventuels de navigation.

Inconvénients :

Cette tactique n'est vraiment efficace qu'avec de fortes ascendances relativement espacées. Les écarts par rapport à la Vi idéale sont plus faibles et la pénalité moins grave.

Mais, dans les autres cas, et notamment par "petit temps", où les Vza sont faibles (0,5 à 1 m/s) et les régimes de vol pas très rapides (calages peu élevés), un écart de 20 km/h par rapport à la Vi idéale prend beaucoup plus d'importance et devient fortement pénalisant car il fait perdre quelques dizaines de mètres parfois précieuses pour la poursuite du vol. Le vélivole doit alors être beaucoup plus fin dans ses choix de cheminement mais aussi de vitesses de transition. Le vol sur la campagne (surtout s'il doit être rapide) est alors réservé à des vélivoles expérimentés qui sauront supporter une charge de travail plus grande.

Le pilote doit donc savoir éviter les solutions toutes faites et adapter sa tactique de vol à ses propres capacités et aux situations qu'il rencontre.

3.2. - Perte due à une mauvaise Vza moyenne

Puisque nous avons maintenant une idée de l'importance des erreurs de calage, il convient de comparer cela avec les pertes dues à une mauvaise Vza moyenne (Vzam).

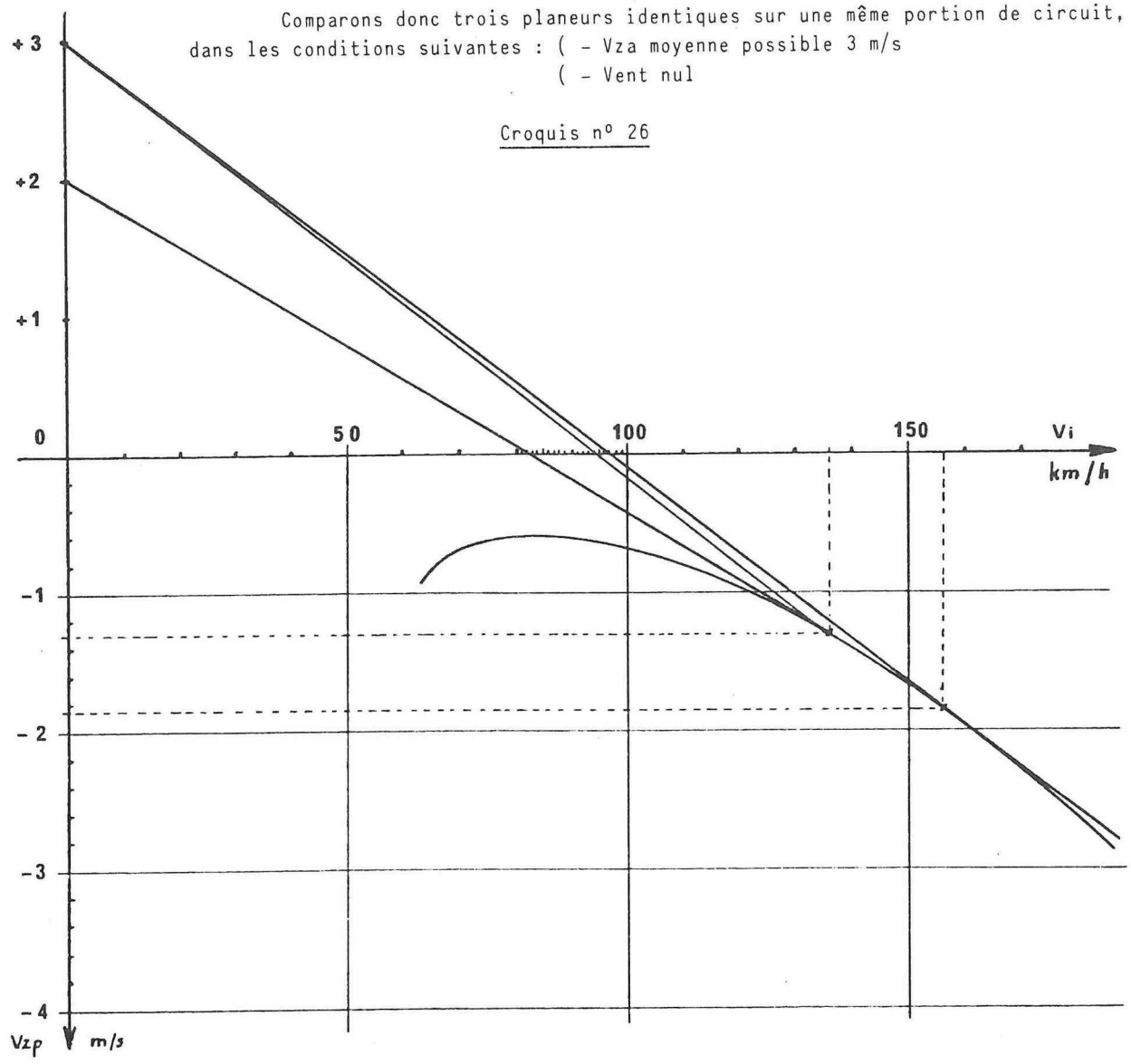
Il n'est pas rare qu'un vélivole réalisant un circuit dans des conditions thermiques très favorables (par exemple 3 m/s de Vzam possible) n'obtienne en réalité qu'une Vzam relativement faible (par exemple 2 m/s) et ce, de deux façons différentes :

- Soit ce vélivole a une mauvaise technique de prise et d'exploitation d'ascendance et, bien qu'il ne prenne que de bonnes ascendances, n'en tire pas le meilleur parti (problème d'entraînement, de formation, d'expérience) ;

- Soit ce vélivole a une bonne technique en ascendance mais prend toutes ou presque toutes les ascendances qu'il rencontre, même faibles ou moyennes avec l'objectif de rester très haut. La Vza moyenne sera donc très inférieure au maximum possible ce jour-là.

Comparons donc trois planeurs identiques sur une même portion de circuit, dans les conditions suivantes : (- Vza moyenne possible 3 m/s
(- Vent nul

Croquis nº 26



1. Le premier monte et cale bien

Vzam = 3 m/s Cal + 3
Vi en transition = 156 km/h
Vcr max = 96,5 km/h

2. Le second monte bien et cale mal

Vzam = 3 m/s Cal + 2
Vi en transition = 136 km/h
Vcr = 95 km/h
soit une perte de 2 % environ

3. Le troisième monte mal et cale bien

Vzam = 3 m/s Cal + 2
Vi en transition = 136 km/h
Vcr = 82,5 km/h
soit une perte de 15 % environ sur 1
et
de 13 % environ sur 2.

La conclusion paraît évidente :

il vaut mieux bien monter que bien caler.

Le facteur Vza est très important et cela appelle des commentaires :

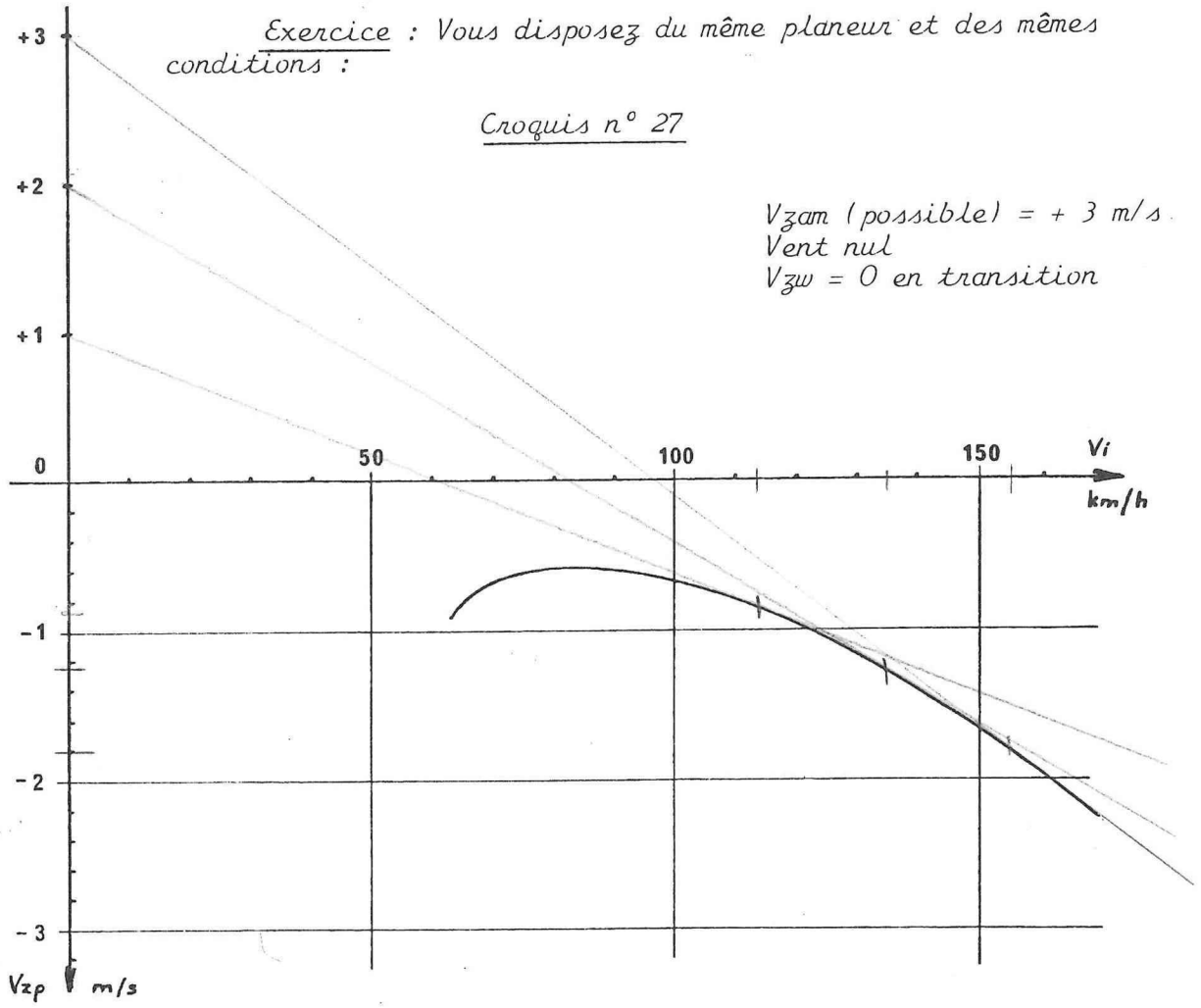
- pas de navigation pendant la spirale si possible ;
- technique de prise d'ascendance et de recentrage à perfectionner sans cesse (et donc nécessité de voler pour s'entraîner même si les conditions météo ne permettent que des vols difficiles en local seulement, par exemple, en début ou en fin de saison) ;
- attention particulière aux signes révélateurs d'ascendance ;
- observation et analyse aérologique à affiner ;
- sélection très stricte des ascendances en fonction de leur valeur et de leur facilité.

Un vélivole qui perfectionne donc sa technique de vol et se maintient à un bon niveau d'entraînement réalisera donc de très bonnes Vza moyennes et pourra entreprendre des vols sur la campagne, même longs, avec de très sérieuses chances de réussite, même s'il a tendance à sous-caler volontairement, par exemple pour éviter les raccrochages à basse altitude.

Sur l'ensemble d'un circuit, son temps total de montée en ascendance sera minimum et lui donnera donc plus d'aisance au niveau des transitions.

Exercice : Vous disposez du même planeur et des mêmes conditions :

Croquis n° 27



Vzam (possible) = + 3 m/s
Vent nul
Vzw = 0 en transition

1

Vza réelle : + 3 m/s

Cal : + 1
(sous-calage de 2 m)

Vcr = ...

Vi en transition = ...

Finesse en transition
f = ...

t_{TOTAL} en circuit
= Distance du circuit / Vitesse de croisière = ...

t_D = Distance du circuit / Vitesse de transition = ...

$t_M = t_{TOTAL} - t_D$ = ...

2

Vza réelle : + 2 m/s

Cal : + 2
(calage à Vcr max)

Vcr = 135

Vi en transition = ...

Finesse en transition
f = ...

t_{TOTAL} en circuit
= Distance du circuit / Vitesse de croisière = ...

t_D = Distance du circuit / Vitesse de transition = ...

$t_M = t_{TOTAL} - t_D$ = ...

* Tirez-en les conclusions.

3.3. - Perte ou gain dûs au cheminement

Dans la deuxième partie de ce chapitre (II - 2.4.), à propos des cas particuliers d'application de la théorie Mac Cready, le cheminement est apparu comme un élément très influent sur la vitesse de croisière.

Contrairement à l'influence des deux autres facteurs (Vi et Vzam), l'influence du facteur Vzd est difficile à évaluer en l'air. S'il est possible d'évaluer assez précisément la Vza moyenne la meilleure possible et donc le meilleur régime de vol sur un circuit ou une portion de circuit, il est par contre quasiment impossible d'évaluer une valeur Vzw positive qui caractériserait, durant la même période du vol, le meilleur cheminement réalisable ce jour-là.

Pourtant nombreux sont les vélivoles qui ont pu constater les effets très sensibles de cheminements différents, le même jour, avec des planeurs de performances égales.

Exemples :

** Fréquemment, des vélivoles transitent en groupe. L'avantage est de "ratisser" les meilleures ascendances, notamment en thermique pur et dans des situations aérologiques délicates. Durant ces transitions, les planeurs se trouvent parfois côte à côte à des distances relativement faibles (200 ou 300 m). Il n'est pas rare alors de voir l'un d'eux s'enfoncer nettement par rapport aux autres ou, à l'inverse, rester "collé au plafond". Involontairement dans ce dernier cas, un meilleur cheminement a été utilisé. Et cela a pu, à certaines occasions, permettre à un vélivole de raccrocher aisément ou de rentrer alors que ses compagnons de route se sont "vachés" ou ont dû faire un "point bas" délicat.*

** De même, en compétition, l'écart entre deux concurrents n'est pas parfois dû ni à une différence de Vza moyenne ni à des erreurs de choix de régime de vol, mais seulement à des cheminements meilleurs qui ne sont pas toujours dûs à la chance mais parfois à une très bonne connaissance et une très bonne observation de l'aérologie.*

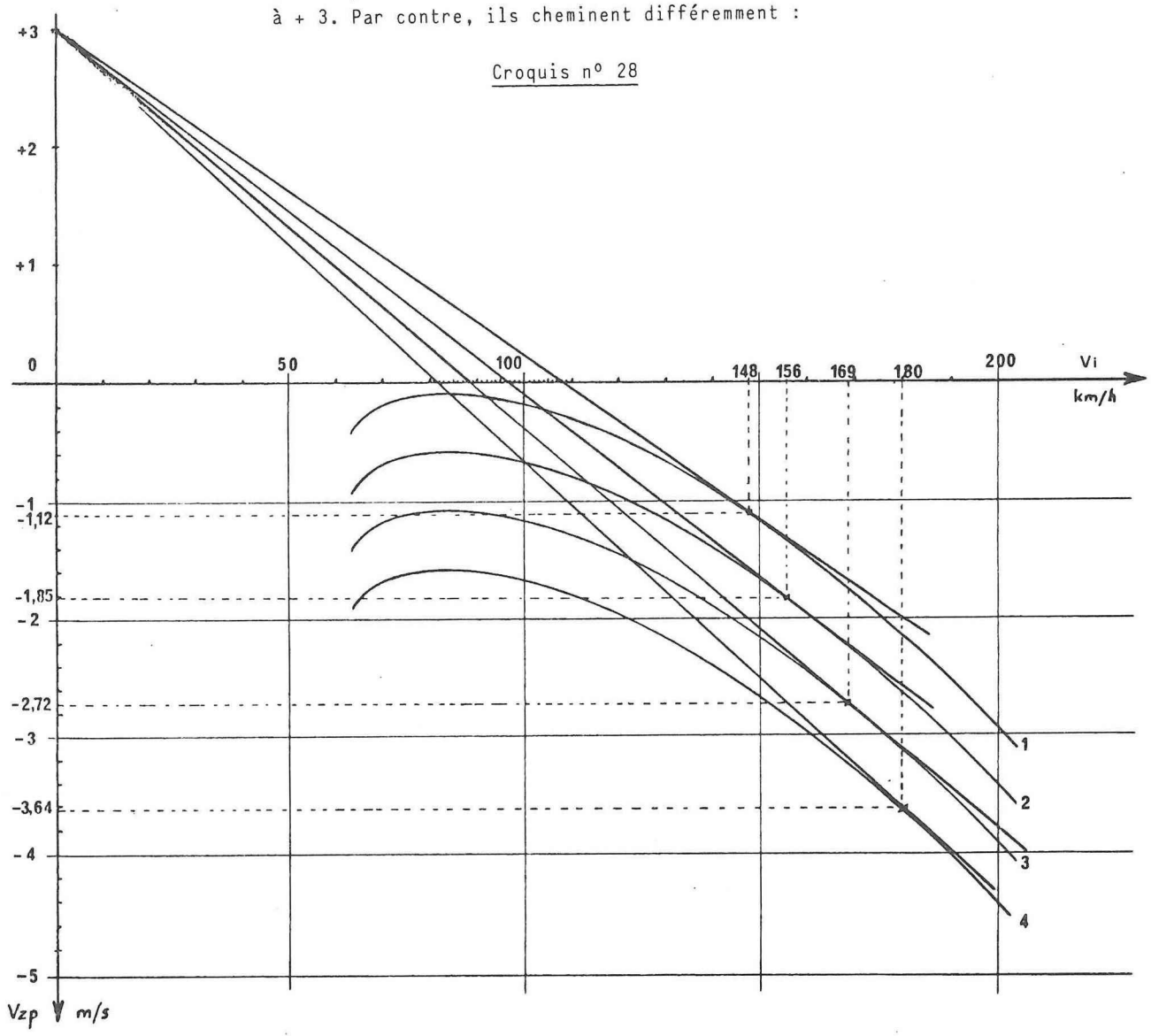
Dans certaines rencontres, des vélivoles disposant même de planeurs nettement moins performants ont pu se glisser parmi les vainqueurs grâce à leur intelligence de ces éléments du vol sur la campagne.

A défaut d'avoir des données vraiment exactes sur ce problème, il est indispensable d'y avoir été sensibilisé et d'avoir une notion, même approximative, de l'importance du facteur "cheminement" sur la Vcr.

Dans ce but, il est possible de comparer des planeurs identiques volant avec Vza et calage identiques et de leur attribuer des valeurs moyennes de Vzw dûs à des cheminements plus ou moins bons.

Quatre planeurs volent avec une Vzam de 3 m/s, un vent nul et un calage à + 3. Par contre, ils cheminent différemment :

Croquis n° 28

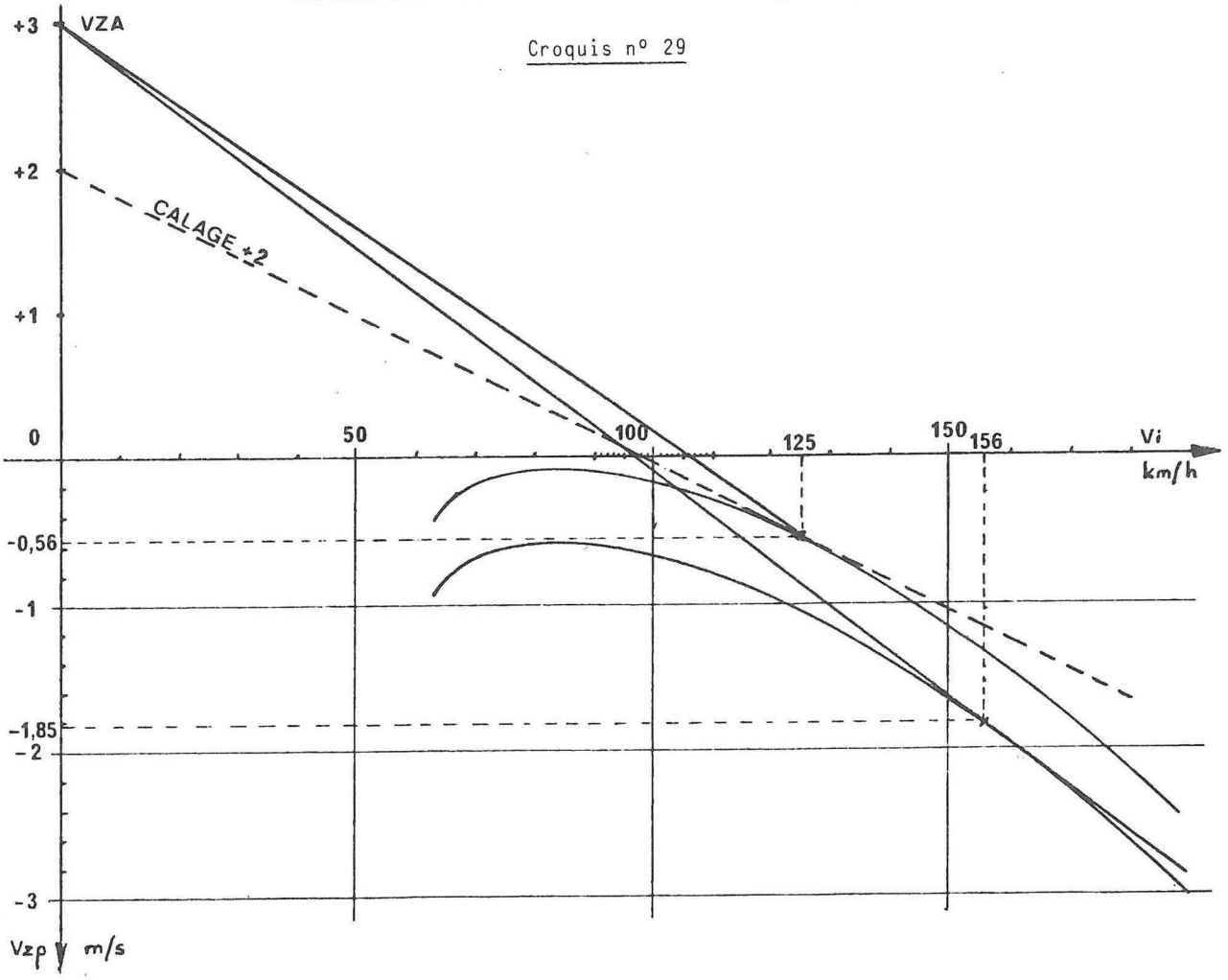


	1	2	3	4
Bilan masse d'air (Vzw)....	+ 0,5 m/s	0	- 0,5 m/s	- 1 m/s
Vitesse de croisière.....	107,5 km/h	96,5 km/h	88 km/h	81 km/h
Différence en %.....	+ 11,5 %	Référence	- 10 %	- 17 %
Vi moyenne en transition...	148 km/h	156 km/h	169 km/h	180 km/h
Finesse réelle.....	37	23,5	17	13,5

Les différences sont considérables entre le planeur qui a suivi un bon cheminement et celui qui a suivi un cheminement moyen. Quant à ceux qui cheminent mal, ils ont perdu beaucoup de temps sur le planeur cheminant moyennement et encore plus sur le premier.

Il peut être intéressant également de comparer l'importance d'une erreur de cheminement à celle d'une erreur de calage (ou à un sous-calage volontaire).

Croquis n° 29



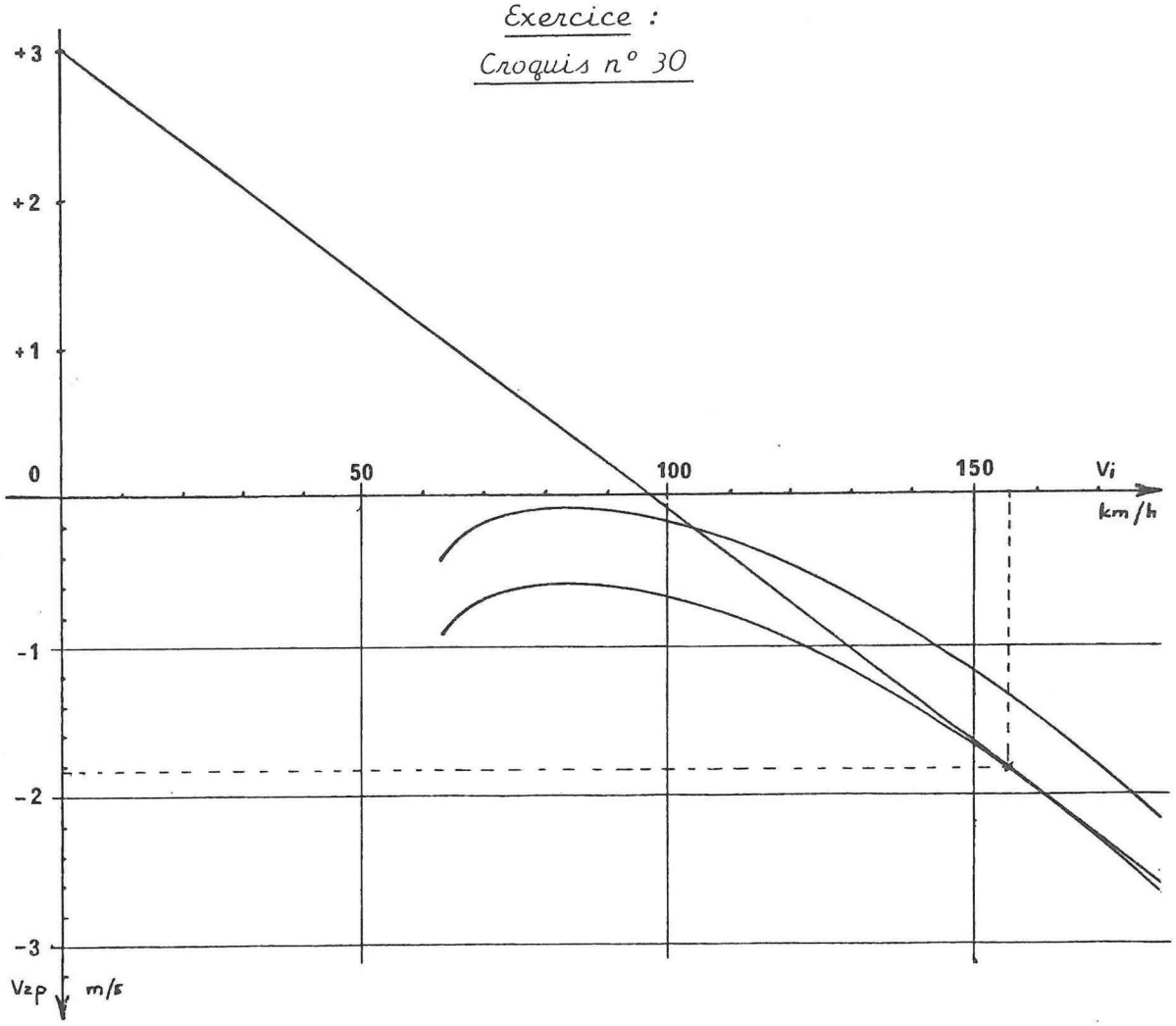
	Planeur 1	Planeur 2
Bilan masse d'air (Vzw).....	0 m/s	+ 0,5 m/s
Régime de vol.....	Cal + 3 (Vcr max)	Cal + 2
Vitesse de croisière.....	96,5 km/h	106 km/h
Vi moyenne en transition.....	156 km/h	125 km/h

La comparaison indique clairement qu'un bon cheminement, tout comme une bonne Vza moyenne, est beaucoup plus important qu'un calage précis.

Le vélivole doit donc, en tout premier lieu, s'attacher à perfectionner sa technique dans ces domaines (exploitation d'ascendance et cheminement) avant d'entreprendre la réalisation de vols sur la campagne longs, difficiles ou rapides, que ne saurait lui assurer le seul choix de bons régimes de vol en transition.

Exercice :

Croquis n° 30



Vous disposez du même planeur et des mêmes conditions :

Vzam : 3 m/s et vent nul.

Comparez les deux cas suivants.

	1	2
Vzam réelle.....	*+ 3 m/s*	*+ 3 m/s*
Calage.....	*+ 3 (Vcr max)*	*+ 1 (sous-calage de 2 m)*
Vzw = ...	*0 (cheminement moyen)*	*+ 0,5 (bon cheminement)*
Vcr = ...	.....	.....
Vi en transition = ...	.....	.....
ℓ = ...	.....	.....

Tirez-en les conclusions.

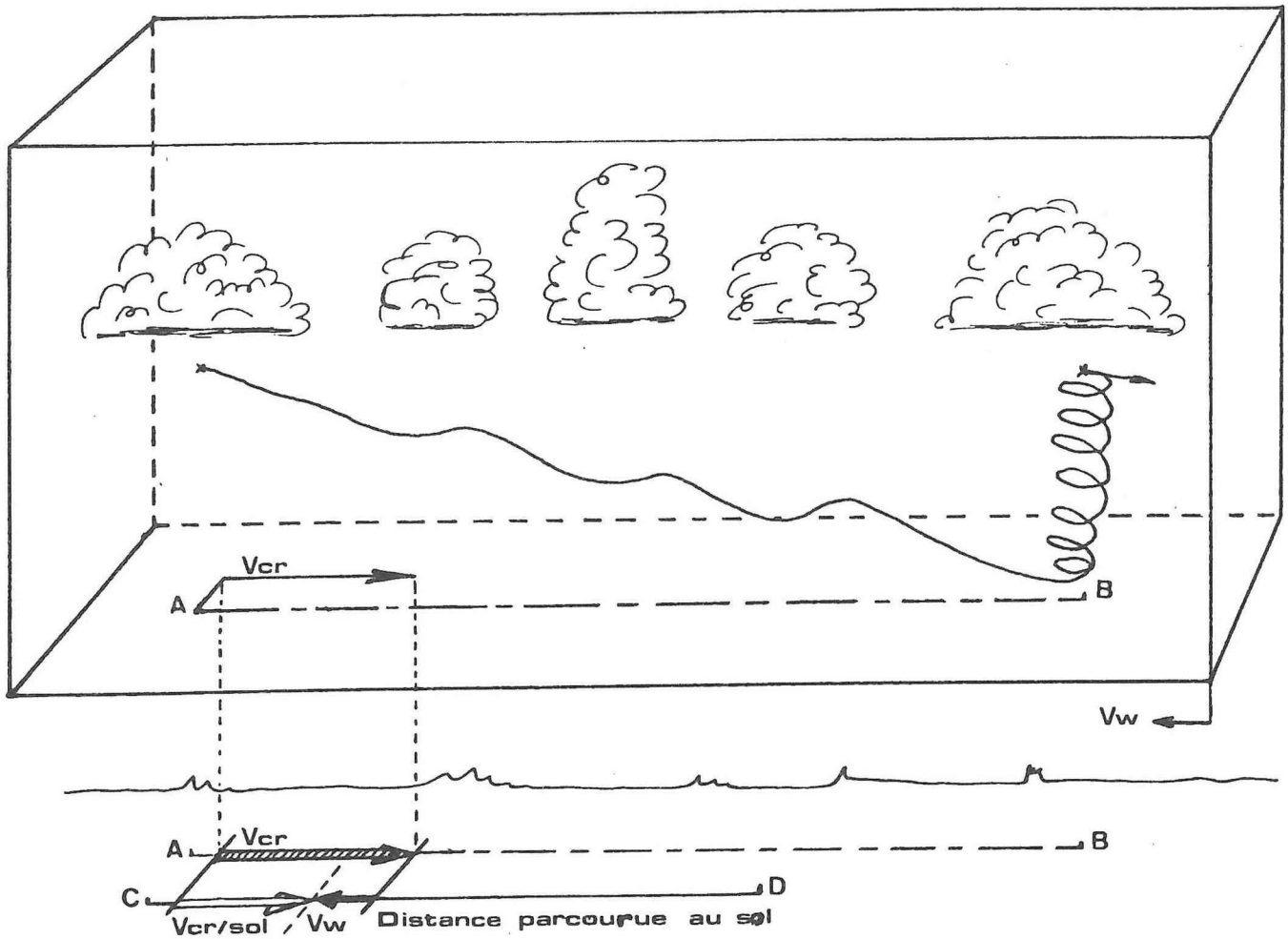
4/ - Influence du vent sur le vol à Vcr max

Jusqu'ici, nous avons vu comment évaluer ou calculer la valeur de la Vcr pour un vol effectué par vent nul. La présence de vent de face ou arrière, sur une partie d'un circuit, va modifier la valeur de cette Vcr. Nous allons voir de quelle manière, selon le cas :

4.1. - Vcr max en vol thermique avec du vent de face

Reprenons le croquis représentant notre planeur sur une portion de circuit entre 2 ascendances sélectionnées :

Croquis n° 31



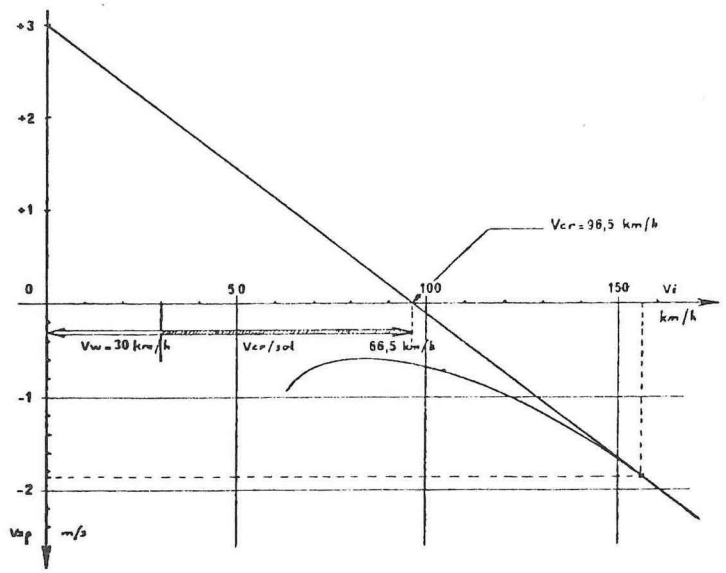
Les ascendances thermiques étant en déplacement avec la masse d'air, nous pouvons considérer un volume d'air dans lequel est contenu le parcours du planeur de A à B.

Sur la distance AB, le planeur a une $Vcr = Vi \cdot \frac{Vza}{Vza + Vzp}$.

Sur la distance CD parcourue au sol, le planeur a en vol thermique une Vcr/sol de :

$$Vcr/sol = Vcr - Vw$$

où Vw est la vitesse du vent de face.



Exemple :

Le planeur effectue son parcours à Vcr max avec une Vzam de + 3 m/s et un vent de face de 30 km/h.

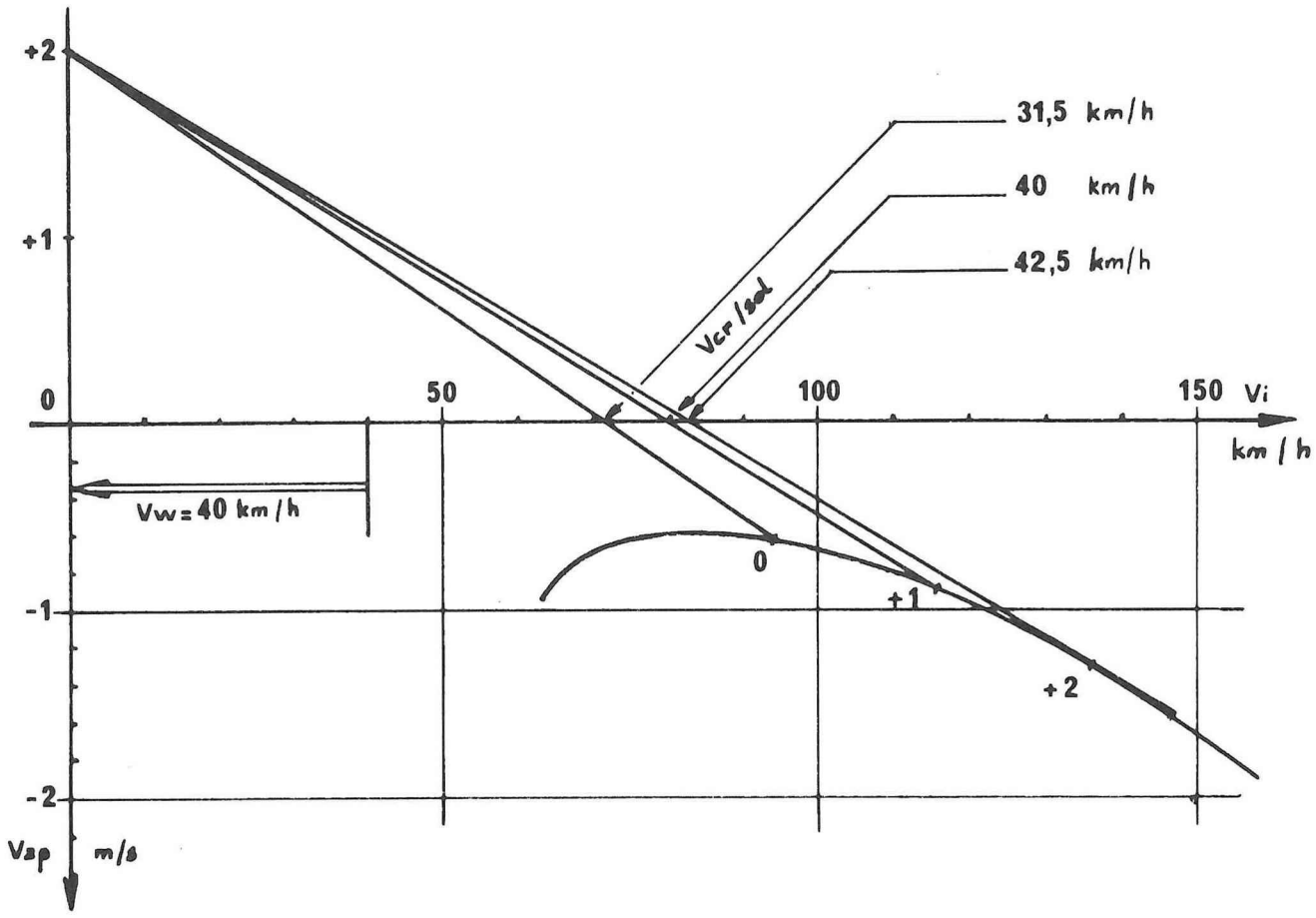
Son calage est de + 3.

Sa Vcr sans vent aurait été de 96,5 km/h.

Sa Vcr/sol est en fait de 66,5 km/h seulement.

Comme on peut le vérifier sur la polaire ci-dessus, pour le calage à Vcr max en thermique, on ne tient pas compte du vent sur la route. Seul le résultat (Vcr/sol) change. Tout autre calage serait pénalisant en vitesse. Pour le vérifier, comparons les Vcr/sol de trois planeurs du même type volant sur une branche vent de face (40 km/h) avec des ascendances thermiques de + 2 m/s. Un seul d'entre eux vole à Vcr max, les deux autres adoptant des régimes de vol plus lents.

Croquis n° 33



Bilan

- Planeur ayant transité au calage + 2 (Vcr max)
  Vi en transition = 136 km/h
  Vcr = 82,5 km/h

  Vcr/sol = 42,5 km/h

- Planeur ayant transité au calage + 1
  Vi en transition = 116 km/h
  Vcr = 80 km/h (perte de 3 %)

  Vcr/sol = 40 km/h soit une perte de 6 %

- Planeur ayant transité au calage 0 (Finesse max)
  Vi en transition = 94 km/h
  Vcr = 71,5 km/h (perte de 13 %)

  Vcr/sol = 31,5 km/h soit une perte / 25 %

Vous remarquerez que dans le cas du vol en thermique sur une branche vent de face, le sous-calage devient plus fortement pénalisant.

4.2. - Vcr max en vol thermique avec du vent arrière

Pour les mêmes raisons, mais dans le sens inverse, un parcours en vol thermique sur une branche vent arrière se fera avec une Vcr/sol égale à :

$$Vcr/sol = Vcr + Vw$$

Comme on pourra le voir dans l'exemple choisi (voir page suivante), lorsque les conditions sont favorables (vent assez fort avec de bonnes ascendances), le gain peut être très important pour un planeur de performances modestes.

C'est ainsi que pendant de longues années, les vols de longue distance ont pu être réalisés en vol thermique (Brevets E ou F) en ligne droite à but fixé, avec des planeurs d'une finesse moyenne, grâce à l'aide du vent arrière.

Cette formule n'est plus utilisée aujourd'hui que pour les vols de record de distance, en raison de la perte de temps et du coût élevé qu'entraîne un dépannage lointain.

Compte-tenu de :

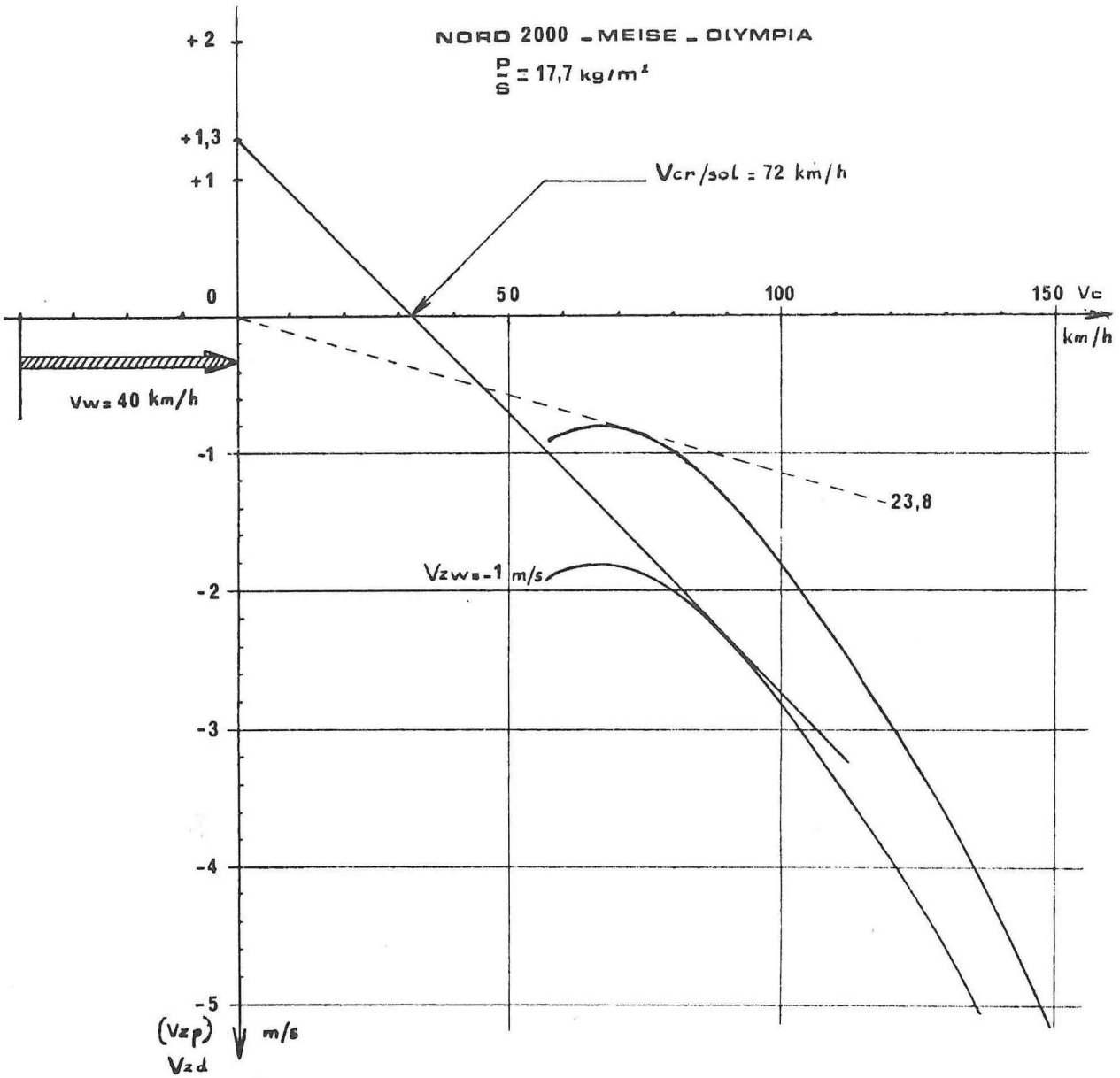
- *la Vzp mini plus forte de 0,20 m/s environ ;*
- *la nécessité de s'arrêter dans presque toutes les ascendances (confert croquis n° 22),*

le planeur ancien ne disposera (un jour où des planeurs modernes pourraient s'assurer une Vzam de + 2 m/s) que d'une Vzam de 1,2 à 1,3 m/s.

D'autre part, il aura un bilan masse d'air négatif en transition puisqu'en raison de sa faible autonomie, il effectue celle-ci presque totalement entre les ascendances. (Vzw = - 1 m/s).

Sans vent, sa Vcr (32 km/h) ne lui aurait pas permis de grande performance. Grâce au vent arrière, il peut s'assurer dans la meilleure période de convection une Vcr/sol de 72 km/h qui lui autorise un vol de distance très intéressant.

Croquis n° 34



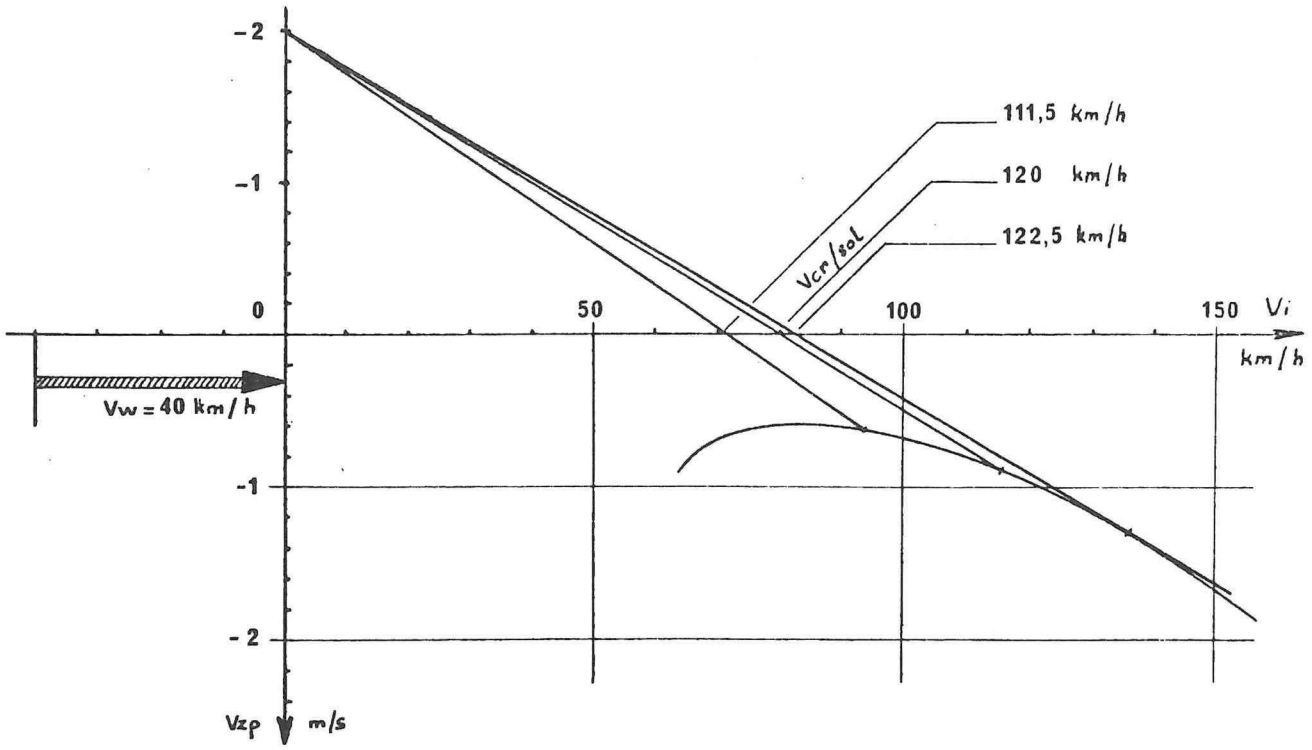
Remarques :

- Sur l'axe horizontal sont portées des vitesses corrigées (Vc) de l'erreur anémométrique. Sur les planeurs de cette époque, en effet, les écarts entre la vitesse indiquée (Vi) et la vitesse corrigée atteignaient couramment 15 à 20 km/h ;

- On notera que la finesse en transition entre deux ascendances est d'environ 11 seulement (- 2,34 m/s à 90 km/h). Cela permet d'apprécier la difficulté rencontrée à passer d'une (bonne) ascendance à une autre, lorsque celles-ci étaient assez fortes mais espacées.

Avec un planeur moderne et dans le cas du vol en thermique sur une branche vent-arrière, l'erreur de calage, comme il apparaît nettement sur le croquis suivant, perd sa gravité :

Croquis n° 35



En effet, le planeur volant avec un sous-calage de 1 m subit une perte négligeable et celui qui sous-cale de 2 m subit une perte modérée.

A RETENIR

Chapitre II

1/ - La vitesse de croisière est une vitesse moyenne réalisée sur un circuit ou une portion de circuit.

$$Vcr = Vi \times \frac{Vza}{Vza + Vzp}$$

2/ - La vitesse de croisière ne dépend pas de la hauteur perdue ou regagnée ni de la distance parcourue mais de la Vza, la Vzd (ou Vzp) et la Vi.

3/ - La meilleure valeur de Vcr est obtenue lorsque le point d'utilisation sur la polaire est le point de contact entre la polaire et la tangente issue de la valeur de Vza rencontrée.

4/ - Principe du calage Mac Cready pour le vol à Vcr max : il suffit de placer l'index de la couronne des vitesses sur la valeur de la Vza espérée dans la prochaine ascendance.

5/ - Bilan du vol à Vcr max :

Le vélivole :
- cale le MC sur la valeur de l'ascendance ;
- accepte de perdre une partie de la finesse disponible ;
- gagne beaucoup de temps dans les transitions ;
- doit être sûr de trouver une ascendance supérieure ou égale à son calage ;
- est conduit à raccrocher à plus basse altitude.

6/ - Il est nécessaire d'adapter sa tactique de vol non seulement aux Vza rencontrées mais encore (et au préalable) à l'autonomie dont on dispose.

7/ - L'hypothèse de Mr Mac Cready est que, sur un parcours suffisamment long, les ascendances et les descendances s'équilibrent globalement (bilan Vzw = 0). Statistiquement, la justesse de ce raisonnement est vérifiée.

8/ - La perte sur la vitesse de croisière par mauvais cheminement est très importante.

Le gain sur la vitesse de croisière par un bon cheminement peut être également très important.

A RETENIR (Suite) — Chapitre II

9/ - Un sous-calage modéré, lors d'un vol avec de fortes Vza, est peu pénalisant.

Par contre, un sous-calage excessif devient très pénalisant.

10/ - C'est dans la rigueur de la sélection des ascendances que réside l'efficacité du vol au Mac Cready.

11/ - Le sur-calage du Mac Cready est une erreur à éviter.

12/ - Il vaut mieux bien monter que bien caler.

13/ - Un bon cheminement, tout comme une bonne Vza moyenne, est beaucoup plus important qu'un calage précis.

Le vélivole doit donc, en tout premier lieu, s'attacher à perfectionner sa technique dans ces domaines (exploitation d'ascendance et cheminement) avant d'entreprendre la réalisation de vols sur la campagne longs, difficiles ou rapides que ne saurait lui assurer le seul choix de bons régimes de vol en transition.

14/ - Pour le calage à Vcr max en thermique, on ne tient pas compte du vent sur la route.

Vent de face en vol thermique : Vcr/sol = Vcr - Vw
Vent arrière en vol thermique : Vcr/sol = Vcr + Vw

Lors d'un vol en thermique, sur une branche vent de face, le sous-calage devient plus fortement pénalisant.

Lors d'un vol en thermique, sur une branche vent-arrière, les erreurs de calage perdent leur gravité.

* * *
*

EXERCICES SE RAPPORTANT AU CHAPITRE II

A l'aide de la même polaire qu'en fin de chapitre I, vous pourrez vérifier si vous avez bien assimilé les principaux enseignements du chapitre que vous venez d'étudier.

- Quelles sont la Vi en transition, la Vzp et la finesse correspondant aux régimes de vol suivants :

  . vol à fin max
  . calage à + 1
  . calage à + 2
  . calage à + 3

- Quelles sont les Vcr respectives de planeurs adoptant ces quatre différents calages avec une Vzam de 3 m/s sur la portion de circuit considérée ?

- Comparez la Vcr de ce planeur lorsqu'il aurait une Vzam de 3 m/s et volerait au calage + 1,5 avec celle du même planeur qui aurait une Vzam de 2,5 m/s et volerait à Vcr max.

  Lequel aurait :

  . la meilleure Vcr ;
  . la meilleure autonomie ;
  . la Vi en transition la plus faible ?

- Trois planeurs du même type volent avec une Vzam de 3 m/s.

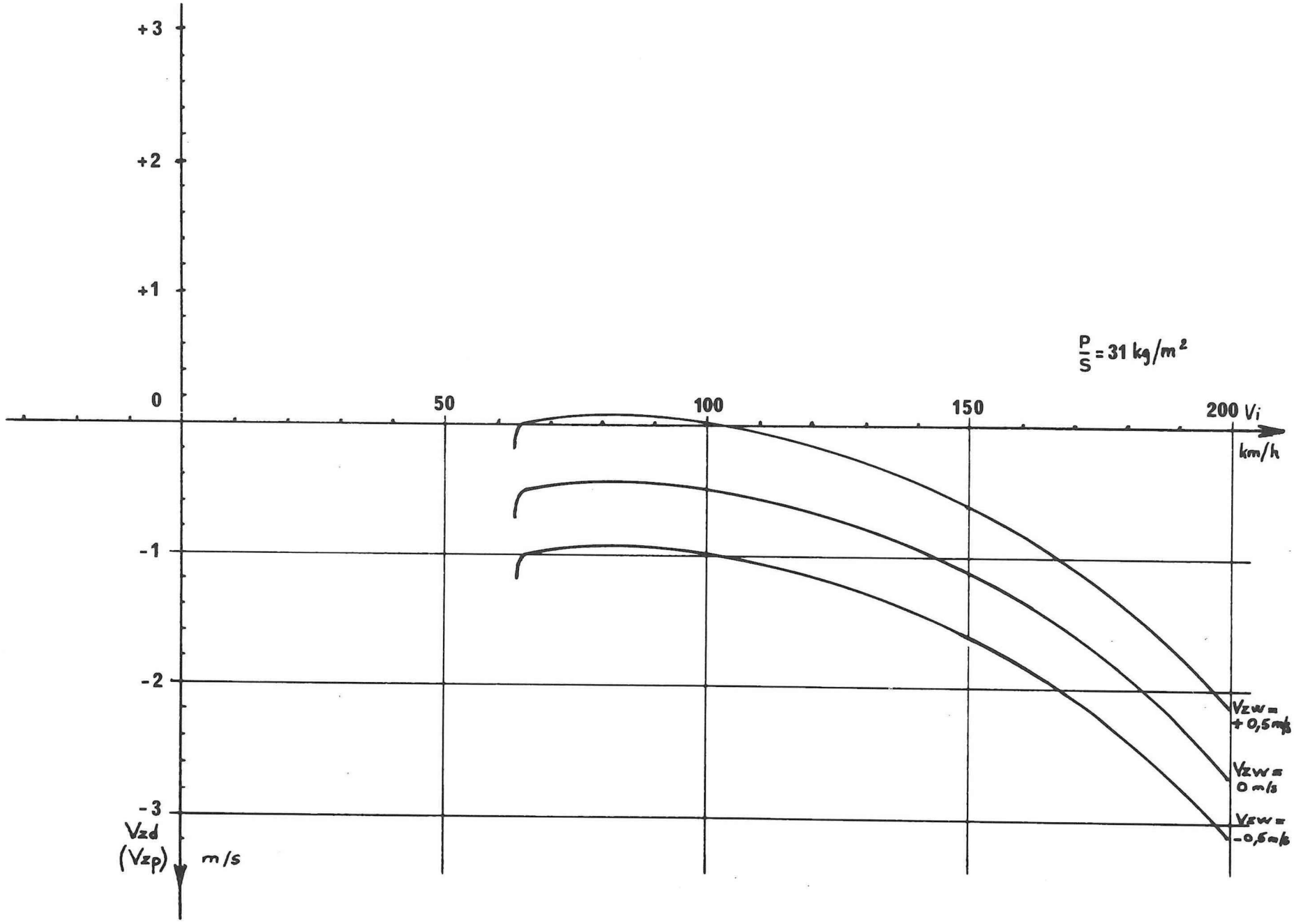
  Le premier pilote chemine plutôt mal (bilan masse d'air Vzw = - 0,5 m/s) et vole à Vcr max.

  Le second pilote chemine correctement (bilan masse d'air Vzw = 0) et vole également à Vcr max.

  Le troisième pilote a décidé de sous-caler fortement afin de pouvoir plus tranquillement peaufiner son cheminement. Le résultat est un bilan masse d'air assez bon (Vzw = + 0,5 m/s).

  Quelles sont leurs Vcr, leurs Vi en transition et leurs finesses respectives ?

* * *


+3
+2
+1
0
-1
-2
-3
50
100
150
200 Vi
km/h
P/S = 31 kg/m²
Vzw = + 0,5 m/s
Vzw = 0 m/s
Vzw = -0,5 m/s
Vzd (Vzp)
m/s

III - TECHNIQUES LIEES AU VOL DE PERFORMANCE

Les techniques et tactiques de vol abordées jusqu'ici sont indispensables à la réalisation efficace de vols de distance sur la campagne. Celles qui vont être étudiées dans ce chapitre permettent d'affiner et d'optimiser le vol en circuit mais ne sauraient évidemment résoudre ni masquer les problèmes d'un vélivole qui n'aurait pas bien assimilé et mis en pratique ce qui précède.

1/ - Utilisation des machines de performance

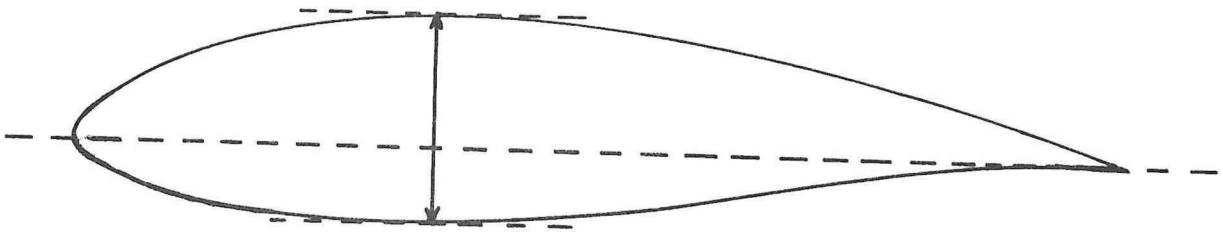
1.1. - Utilisation des volets de courbure

Les volets de courbure ont été montés sur certains planeurs de performance pour permettre au vélivole expérimenté de "piloter" les caractéristiques aérodynamiques des ailes dont le profil a été optimisé pour les hautes vitesses. Il s'ensuit une amélioration notable des performances en vol lent et à grande vitesse.

Mais les volets de courbure ne doivent être manipulés ni trop fréquemment ni brutalement ni surtout à contre-temps ou à mauvais escient, car ils pénalisent alors très sensiblement le vélivole qui commet ces erreurs. Il convient donc d'étudier leur utilité, leurs effets et leurs limitations pour en tirer le meilleur bénéfice.

* Utilité des volets de courbure

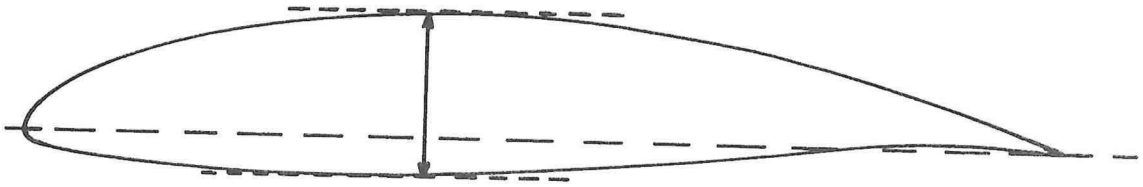
Depuis les débuts de l'aviation jusque vers les années 50, les profils d'aile recherchés par les constructeurs pour l'aviation légère étaient généralement ceux qui fournissaient de très bons coefficients de portance (et notamment de portance max). Il s'agissait donc de profils très courbes et/ou très épais. Les coefficients de traînée associés étaient très importants mais, l'objectif n'étant pas le voyage lointain ni rapide, cela était acceptable.



Profil ancien

Epaisseur relative importante (18 à 25 %)
Courbure forte

Plus récemment les objectifs de l'aviation légère et en particulier du vol à voile ayant évolué, les profils recherchés ont dû répondre à d'autres exigences : coefficient de traînée minimal le plus faible pour conserver une bonne finesse à haute vitesse, mais coefficient de portance max assez grand pour obtenir des vitesses acceptables en spirale. Or ces exigences sont à priori contradictoires puisque les profils performants à haute vitesse sont plutôt des profils à faible courbure et peu épais.



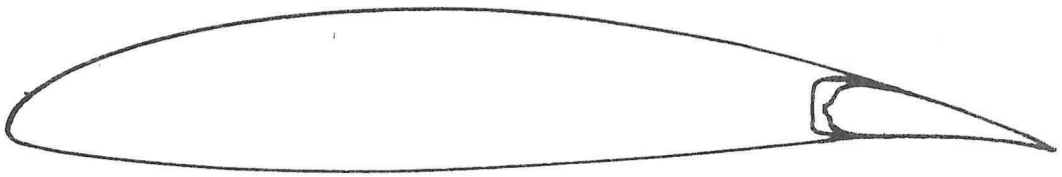
Profil moderne

Epaisseur relative optimale (12 à 15 %)
Courbure faible

La solution était donc d'adapter sur les ailes des volets de courbure qui permettent de transformer un profil à faible courbure et à faible épaisseur relative en un profil plus creux avantageux à basse vitesse.

Voici quels sont les différents braquages de volets de courbure et l'évolution de leurs caractéristiques :

- Volets à 0° de braquage ou "en lisse" :



(Profil de base)

Volets en lisse

Czo max moyen — Czo } coefficients aérodynamiques
Cxo assez faible — Cxo } à braquage 0°

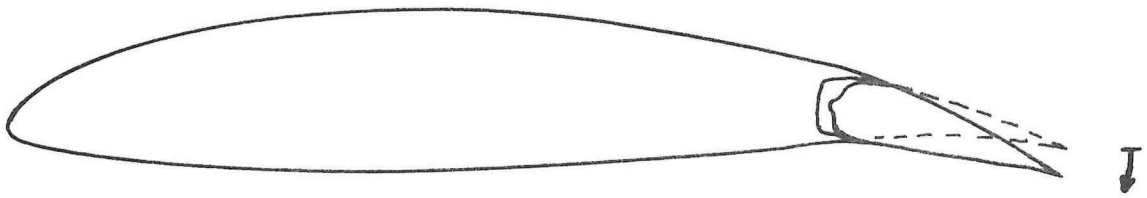
- Volets braqués vers l'extrados ou "en négatif" :

(4 à 13°)

Czn Czo — Czn) coefficients aérodynamiques

Cxn Cxo — Cxn) à braquage négatif

- Volets braqués vers l'intrados faiblement ou en position "thermique" (en positif) :



(8 à 10°)

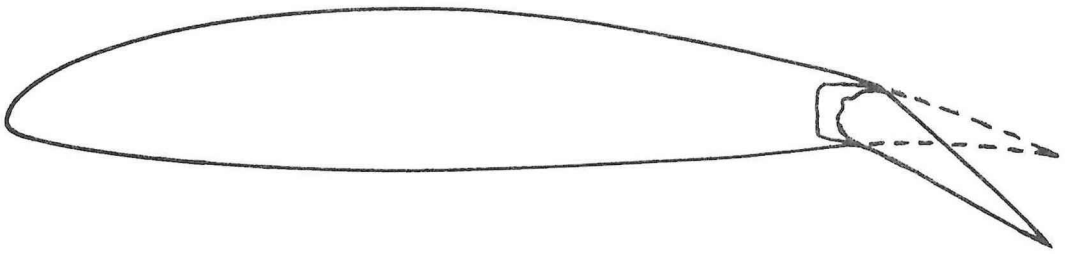
Czp Czo — Czp) coefficients aérodynamiques) à braquage en

Cxp Cxo (faiblement) — Cxp) positif "thermique"

- Volets braqués en position "atterrissage" :

Deux cas sont à différencier :

1 - Braquage moyen :

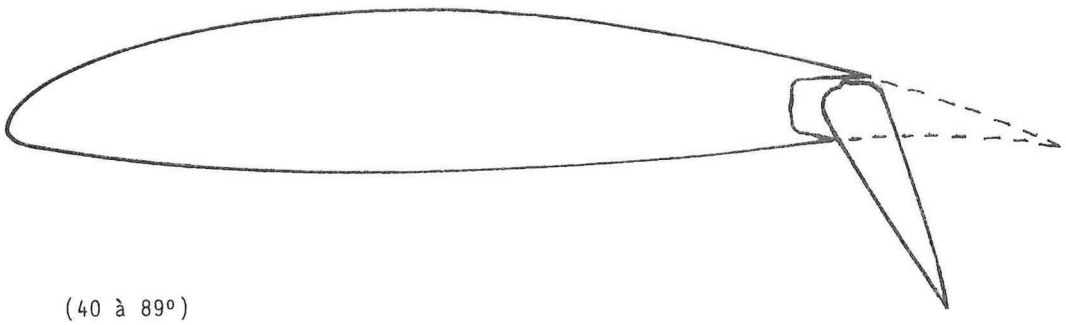


(12 à 17°)

CzL1 Czp Czo — CzL1) coefficients aérodynamiques) à braquage en position

CxL1 Cxp Cxo (faiblement) — CxL1) Atterrissage (L) Cran 1

2 - Braquage fort :



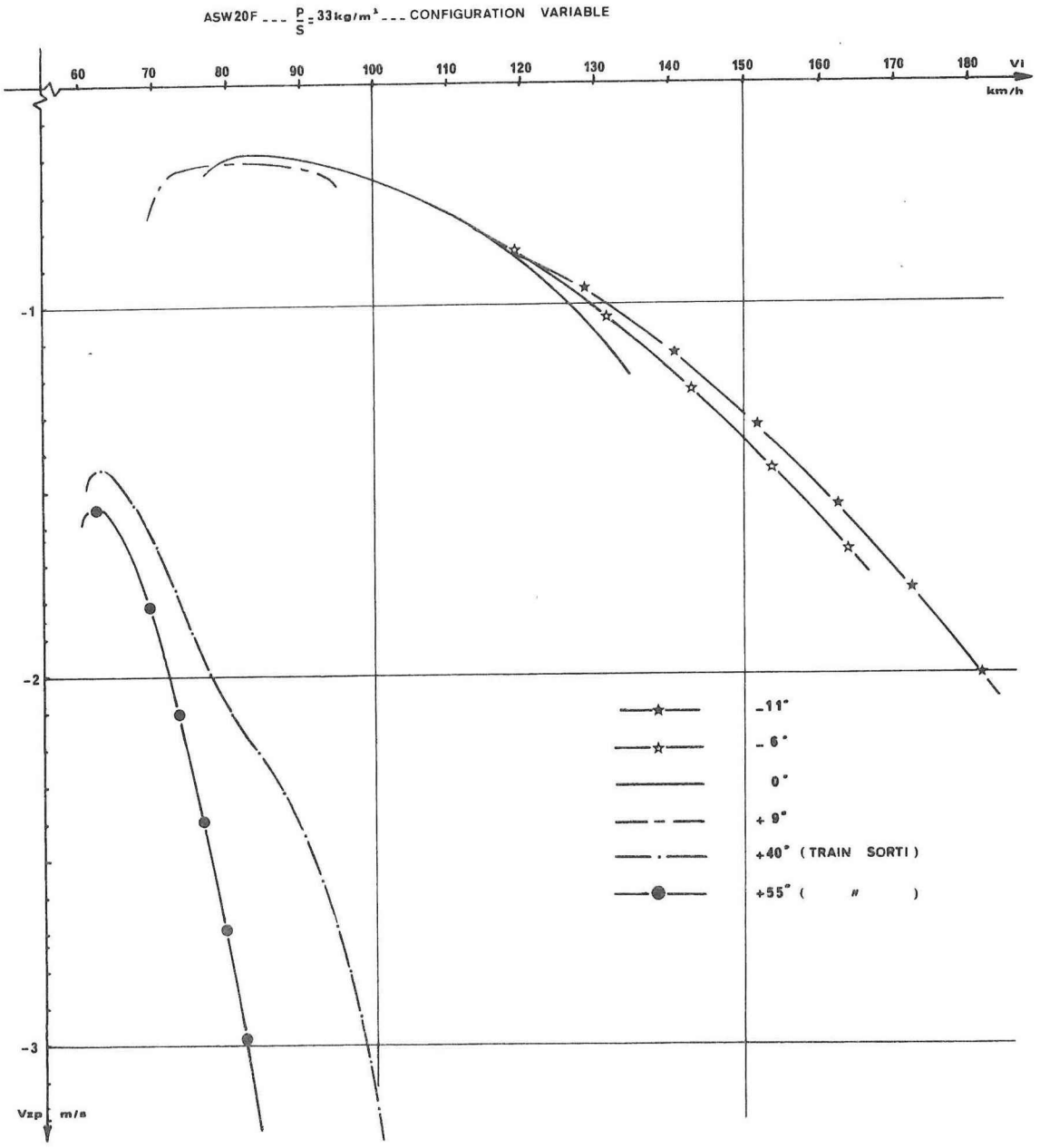
(40 à 89°)

CzL2 CzL1 (faiblement) — CzL2) coefficients aérodynamiques) à braquage en position

CxL2 CxL1 (d'autant plus fortement que le braquage est fort) — CxL2) Atterrissage - Cran 2

* Polaires d'un planeur à volets de courbure

Croquis n° 36



La connaissance des vitesses d'utilisation des volets de courbure est donnée par la polaire des vitesses (établie par le constructeur ou par d'autres expérimentateurs). Lorsqu'il y a deux crans négatifs, la plage d'utilisation du premier cran (ici - 6°) est généralement étroite et peu utilisable. On passe donc directement, dans ce cas, du cran 0° au cran maxi négatif. La rentabilité de cette manoeuvre n'apparaît que pour des transitions de 3 à 5 km au minimum, suivant la manoeuvre effectuée directement au cran maxi négatif ou en deux temps).

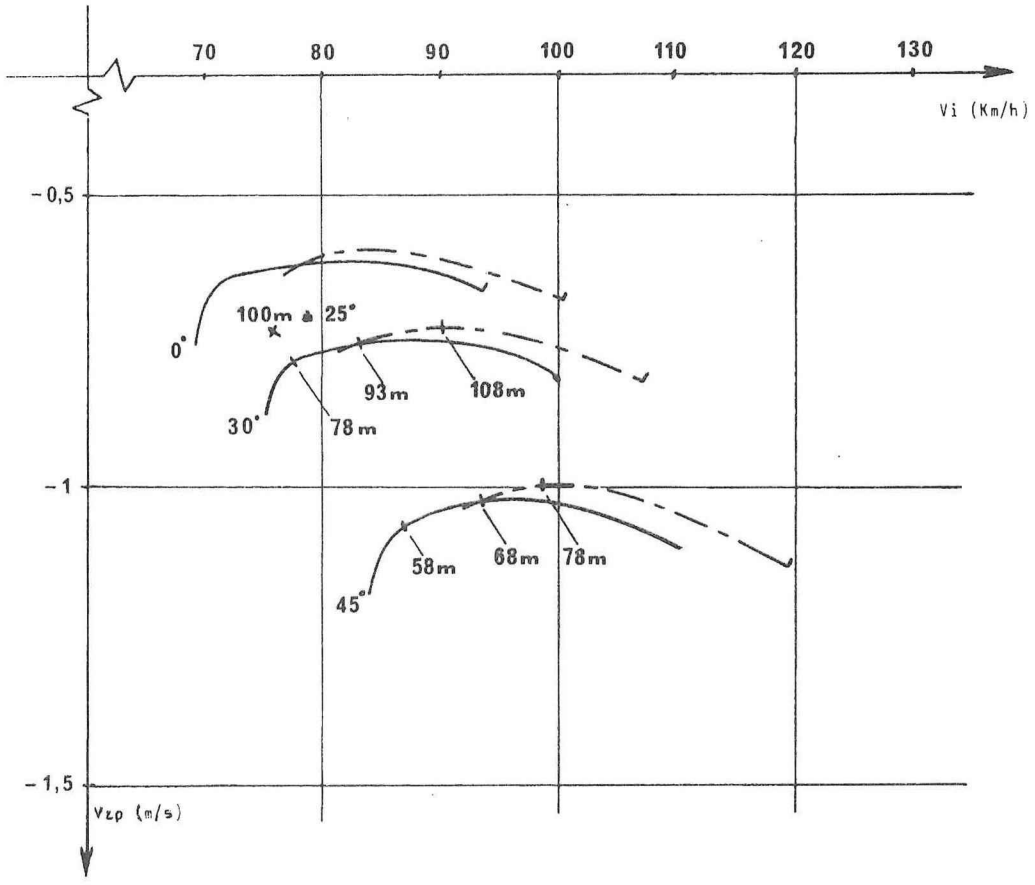
Les forts braquages en position "atterrissage" diminuent un peu la vitesse mini et augmentent nettement les taux de chute.

Quant aux braquages en position "thermique", leur intérêt apparaît surtout en virage, pour une diminution du rayon de virage, sans augmentation notable du taux de chute. Ce sont donc les polaires en virage qui montrent le mieux leur intérêt.

Croquis n° 37

ASW 20 F --- $\frac{P}{S}$ = 33 kg/m²

EVOLUTION Vi-Vzp - r (RAYON DE VIRAGE) SUIVANT L'INCLINAISON

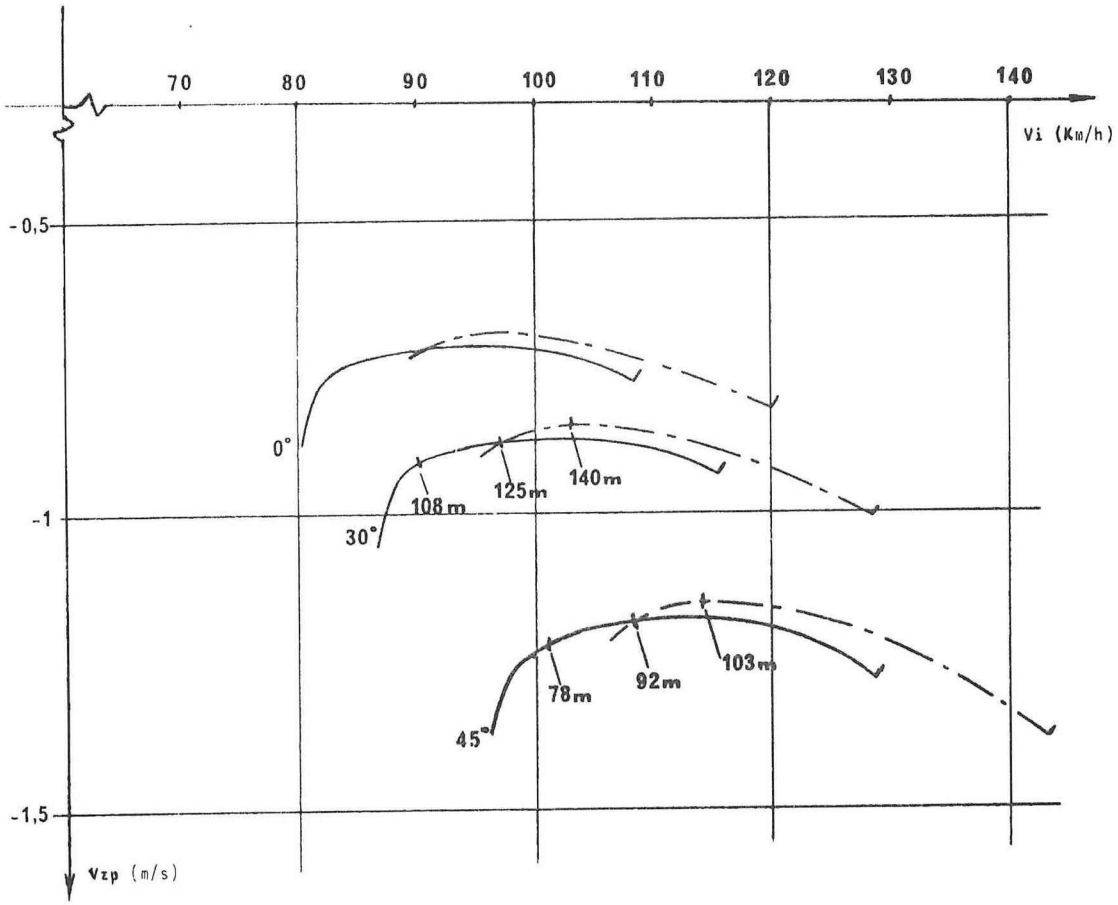


L'avantage est encore plus intéressant lorsqu'il s'agit du même planeur ballasté qui voit son handicap diminué grâce à l'utilisation des volets de courbure. (Voir croquis page suivante).

Croquis n° 38

ASW 20 F $\frac{P}{S}$ = 43 kg/m²

EVOLUTION Vi - Vzp - r (RAYON DE VIRAGE) SUIVANT L'INCLINAISON



Exercice : A l'aide de deux croquis ci-dessus, remplissez le tableau suivant qui donnera la vitesse, l'inclinaison et le taux de chute suivant le rayon de virage recherché par chacun des deux planeurs.

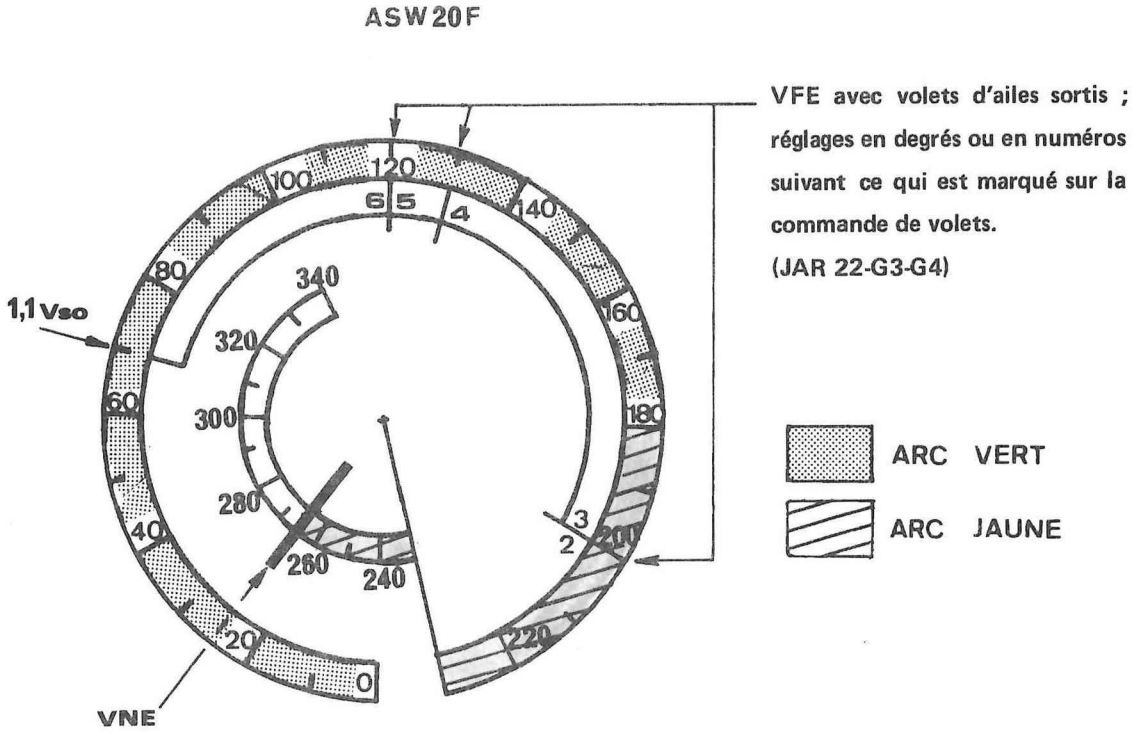
		Planeur à vide recherchant un rayon de virage de 80 m	Planeur ballasté recherchant un rayon de virage de 100 m
Volets en lisse	Inclinaison Vitesse Vzp	....	....
Volets en position "thermique"	Inclinaison Vitesse Vzp	....	....

* Limitations

Les vitesses-limite d'utilisation des volets de courbure aux différents braquages sont mentionnés dans le Manuel de vol de chaque planeur. Les vitesses-limite pour les braquages positifs doivent être également portées sur l'arc blanc de l'anémomètre sur le tableau de bord. En voici un exemple pour l'ASW 20 F :

Cran 1 (- 11°)	Vfe = 265 km/h = VNE
Cran 2 (- 6°)	Vfe = 200 km/h
Cran 3 (0°)	Vfe = 200 km/h
Cran 4 (+ 9°)	Vfe = 130 km/h
Cran 5 (+ 40°)	Vfe = 120 km/h
Cran 6 (+ 55°)	Vfe = 120 km/h

Croquis n° 39



ATTENTION : les Vi maxi autorisées avec les volets en positif sont parfois assez peu élevées et différentes selon les braquages. Quant aux limitations de charge dans cette configuration, elles sont définies par la norme de certification mais ne sont pas, en général, mentionnées dans le Manuel de vol, ce qui est regrettable mais ne dispense absolument pas de les respecter.

(L'exigence 345 b de la JAR 22-C5 fixe ces limites à un facteur de charge allant jusqu'à + 4 et aux effets de rafales positives ou négatives de 7,5 m/s agissant perpendiculairement à la trajectoire de vol).

* Manoeuvres et utilisations particulières

Lors d'une manoeuvre des volets de courbure vers un braquage en positif, il ne faut pas anticiper.

Par contre, l'anticipation est possible pour passer d'une Vi moyenne à une Vi

élevée par braquage des volets en négatif. De cette façon, le fuselage reste à peu près à incidence constance (Cx mini).

Certaines utilisations des volets méritent quelques observations :

- Volets en négatif :

Ils peuvent être utilisés au roulage avant le décollage ou après l'atterrissage dans certains cas délicats :

. planeur ballasté ;
. planeur de grande envergure ;
. décollage sans assistance ;
. vent gênant.

Il est possible ainsi de diminuer le risque de "cheval de bois" en améliorant, sur certains planeurs, l'efficacité des ailerons à basse vitesse et en augmentant l'appui du patin de queue sur le sol.

Mais attention :

Le décollage avec les volets en négatif est impossible. Il faut donc être sûr de savoir et pouvoir les manipuler correctement au roulage. Plusieurs accidents graves ont eu lieu au décollage sur piste cahoteuse par perte de contrôle lors de l'utilisation des volets. Il convient donc de ne les utiliser ainsi que si cela est nécessaire pour améliorer la sécurité.

Note : cette caractéristique, précisément, est utilisée pour le stockage des planeurs à volets de courbure qui ne risquent pratiquement rien même par vent fort de face. En cas de fabrication d'éclisses d'amarrage, il faut donc les prévoir dans cette configuration d'aile.

- Volets en position "atterrissage" :

La maniabilité en roulis est réduite dans cette configuration, avec des volets à fort braquage, et les vitesses-limite d'utilisation sont plus faibles qu'avec le cran "thermique". Par vent fort, les volets seront, en finale, laissés en position "thermique" ou même en lisse.

Mais surtout attention : il est indispensable de se rappeler que la manoeuvre des volets au cran "atterrissage" est irréversible à basse altitude. La rentrée des volets au cran "atterrissage" à fort braquage, implique une augmentation forte de vitesse et donc une perte importante d'altitude, non envisageable à faible hauteur au-dessus du sol. Il convient donc de s'entraîner et de repérer très précisément le plan d'approche finale dans cette configuration sur un aérodrome (avec un point d'aboutissement avancé sur la piste) avant de l'employer en campagne. Ces précautions étant prises, l'emploi des volets à ces braquages peut être un facteur de sécurité important lors d'atterrissages délicats "aux vaches".

1.2. - Utilisation des water-ballasts

* Effets du ballastage

Le principe du ballastage est simple. A une altitude donnée et une incidence fixe, la vitesse propre d'un planeur dépend de sa charge alaire (donc de son poids puisque généralement la surface alaire ne varie pas).

En effet :

$$Vp = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{P}{S} \cdot \frac{1}{Cr}} \quad (\quad \text{et Cr fixés})$$

Si la vitesse propre à vide est Vpo, le poids à vide Po et si la vitesse propre ballastée est Vp1 avec un poids à vide P1, on en déduit :

$$\frac{Vp1}{Vpo} = \frac{P1}{Po} \quad \left(\text{ou } \frac{P1/S}{Po/S} \right) \qquad \text{ou encore} \qquad \frac{Vp1}{Vpo} = \frac{m1}{mo}$$

où mo et m1 sont respectivement les masses (en kg) à vide et ballasté. (Pour le détail de la démonstration, cft. le cours de Mécanique du vol).

Autrement dit, si $k = \frac{m1}{mo}$

$$\boxed{Vp1 = k \cdot Vpo}$$

Le taux de chute étant simplement la composante verticale de la Vp, soit Vzp, on a :

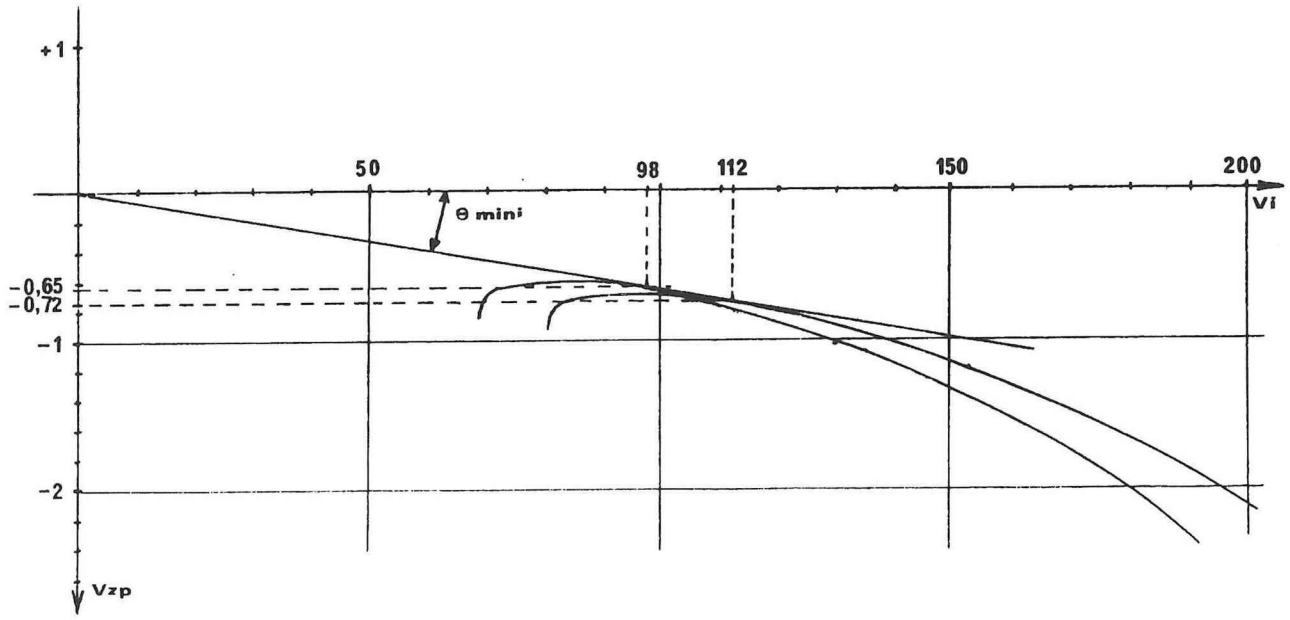
$$\boxed{Vpz1 = k \cdot Vzpo}$$

Le rapport $\frac{Vp}{Vzp}$ qui donne une mesure approximative de la finesse reste constant.

$$\frac{Vp1}{Vzp1} = \frac{k\,Vvo}{k\,Vzpo} = \frac{Vpo}{Vzpo} \simeq f$$

Ceci peut se retrouver sur la polaire (avec des conditions où Vi = Vp) :

Croquis n° 40



Par exemple, dans le cas de la polaire ci-dessus :

$$k = \frac{43}{33} - 1,14 \text{ d'où } Vp1 = 1,14 \cdot Vpo = 112 \text{ km/h}$$
$$Vp1 = 1,14 \cdot Vzpo = 0,72 \text{ m/s.}$$

Un planeur, fortement chargé, vole plus vite sur la même trajectoire qu'un planeur peu chargé. En particulier, la finesse max (l'angle de plané mini) reste la même mais est obtenue à une vitesse plus importante, avec un taux de chute plus fort (dans la même proportion).

En ce qui concerne certains planeurs récents, leurs constructeurs ont pu annoncer une amélioration de la finesse max lorsque la charge alaire augmente fortement. En effet, sur ces machines, la charge alaire avec les ballasts en vient pratiquement à doubler. Il s'ensuit une augmentation importante des vitesses à incidence égale. Les qualités aérodynamiques d'un même profil peuvent alors être sensiblement améliorées en raison d'une augmentation du nombre de Reynolds qui croît avec la vitesse de l'écoulement de l'air sur le profil ou les dimensions de l'aéronef. Ses effets sont cependant complexes et encore peu importants et ne justifient donc pas ici une étude approfondie.

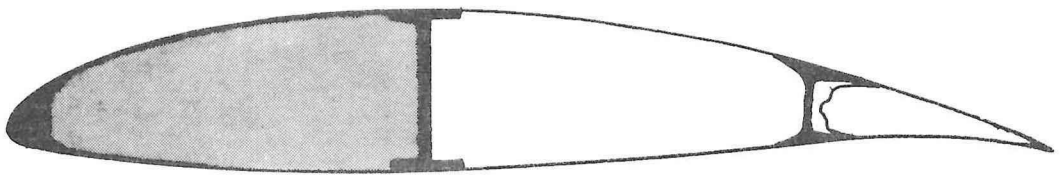
En spirale, le planeur ballasté est désavantagé (cft. croquis n°s 37 et 38). Mais si les ascendances sont assez puissantes (en fonction de leur diamètre) la perte de temps en ascendance est largement inférieure au gain de temps en transition. Par une belle journée, surtout, s'il y a de bonnes possibilités pour de longs cheminements sans spiraler, le planeur chargé aura une Vcr supérieure.

* Utilisation des ballasts

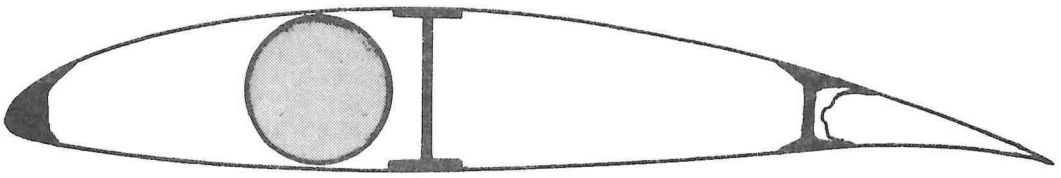
Le Manuel de vol indique quel type de water-ballasts est monté sur le planeur que vous utilisez : ballasts structuraux ou ballasts souples (voir croquis ci-dessous).

Croquis n° 41

Ballasts structuraux



Ballasts souples



Le remplissage des ballasts souples ne pose en principe aucun problème si les joints de tuyauterie plastique sont bons et si les boudins sont étanches. Par contre, le remplissage des ballasts structuraux doit être effectué avec précaution. Si le pilote emmanche un tuyau d'arrossage dans l'orifice de remplissage, ouvre le robinet et attend la fin de l'opération sans attention particulière, le résultat peut être un éclatement du joint des deux coquilles (intrados et extrados), accolées au bord de fuite et au bord d'attaque. La seule pression d'un robinet d'eau à usage domestique suffit en effet largement à ouvrir le profil qui n'est pas fait pour résister à une forte pression exercée de l'intérieur de l'aile vers l'extérieur.

La vidange a lieu par un ou plusieurs orifices situés sous les ailes ou sous le fuselage. Sa durée totale est variable (de 1 à 5 mn) suivant les différents types de planeur et le taux de remplissage. Il est essentiel pour le vélivole de bien connaître ces temps sous peine de se trouver embarrassé, lors du raccrochage dans l'ascendance suivante, par l'eau conservée dans les ailes. De plus, il serait alors malhonnête de faire supporter à d'autres les inconvénients d'une erreur d'inattention, en larguant l'eau sur eux en spirale. Une autre erreur consisterait à larguer, avant la transition ou trop tôt avant l'arrêt dans une ascendance, des ballasts que l'on a eu du mal, un moment auparavant, à hisser au plafond. Ce serait consommer sans utilité une grande énergie potentielle dont l'acquisition a coûté cher en temps de montée.

* Opportunité du ballastage

Puisque nous savons évaluer les performances en spirale de planeurs ballastés ou non, en fonction du diamètre moyen des ascendances et donc du rayon de virage (voir exercice page III-6), nous pouvons comparer les Vcr de deux planeurs volant ensemble, dans les mêmes ascendances, l'un chargé "à bloc" (planeur 2) et l'autre à vide (planeur 1).

a) - Ascendances assez larges :

$r \simeq 100$ m

Vzw = + 1,5 m/s (Situation A) et + 2,5 m/s (Situation B)

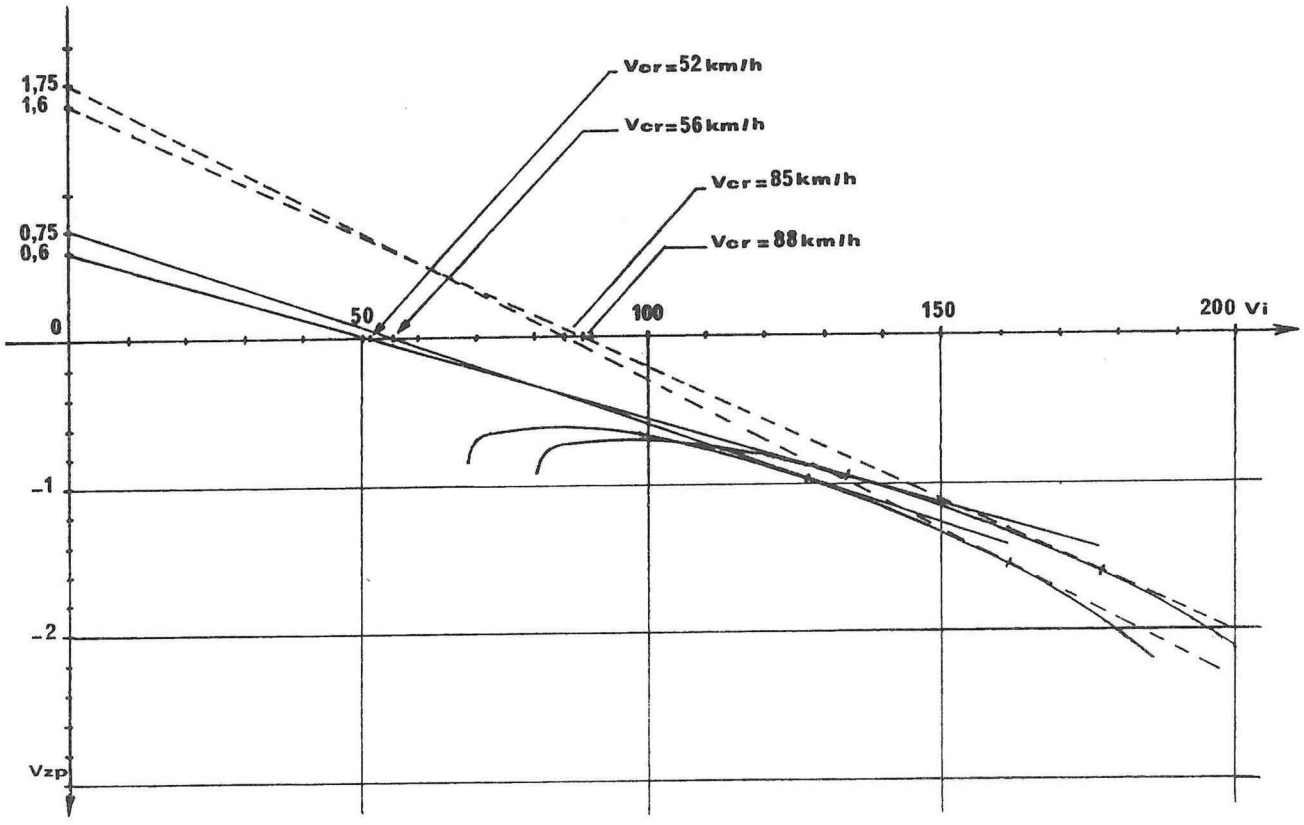
Le planeur 1 spirale à 75 km/h et à 25° d'inclinaison. Le planeur 2 spirale à 90 km/h et à 30° d'inclinaison. (Voir croquis n°s 37 et 38).

N.B. : Nous supposerons que les deux planeurs volent à leur Vcr max et cheminent correctement.

	Planeur 2 à vide	Planeur 1 ballasté
Situation A		
Vzw = ...	+ 1,5 m/s	+ 1,5 m/s
Vzp (en spirale).....	- 0,75 m/s	- 0,9 m/s
Vza (en spirale).....	+ 0,75 m/s	+ 0,6 m/s
Vcr max.....	56 km/h	52 km/h
Bilan.....	.....	Perte de 7 % sur 1

	Planeur 1 à vide	Planeur 2 ballasté
Situation B		
Vzw = ...	..... + 2,5 m/s	..... + 2,5 m/s .....
Vzp (en spirale).....	..... - 0,75 m/s	..... - 0,9 m/s .....
Vza (en spirale).....	..... + 1,75 m/s	..... + 1,6 m/s .....
Vcr max.....	..... 85 km/h	..... 88 km/h .....
Bilan.....	.....	

Croquis n° 42



Dans des ascendances assez larges, mais faibles (début de convection, par exemple), le planeur ballasté, pénalisé en ascendance, ne peut refaire son retard grâce au gain en transition. Pour une Vza suffisante (quand Vzw - 2 m/s) les deux planeurs ont des Vcr égales. Pour des Vza plus fortes, le planeur ballasté prend un avantage de plus en plus conséquent.

Le vélivole disposant de ce dernier planeur devra donc :

- éviter de spiraler dans des ascendances moyennes ou faibles, sous peine de perdre beaucoup de temps ;

- déballaster, au moins partiellement, si les ascendances ne forcent pas lorsque les meilleures heures de la convection arrivent ;

- dans la mesure du possible, adapter son heure de départ, en fonction de la longueur de son circuit et des conditions météo. De cette façon, la plus grande partie du circuit sera réalisée pendant les heures de forte convection (Vza importantes) et le reste, éventuellement, pendant les heures de fin de convection (Vza de plus en plus faibles mais vidange des ballasts possible puisqu'ils seront définitivement inutiles à partir de ce moment-là).
  Si le vol doit être très long, il faudra alors choisir la charge de ballasts optimale, la plus rentable sur l'ensemble du circuit.

b) - Ascendances assez étroites :

Exercice :

Cas où les ascendances sont assez étroites : r ≃ 80 m.

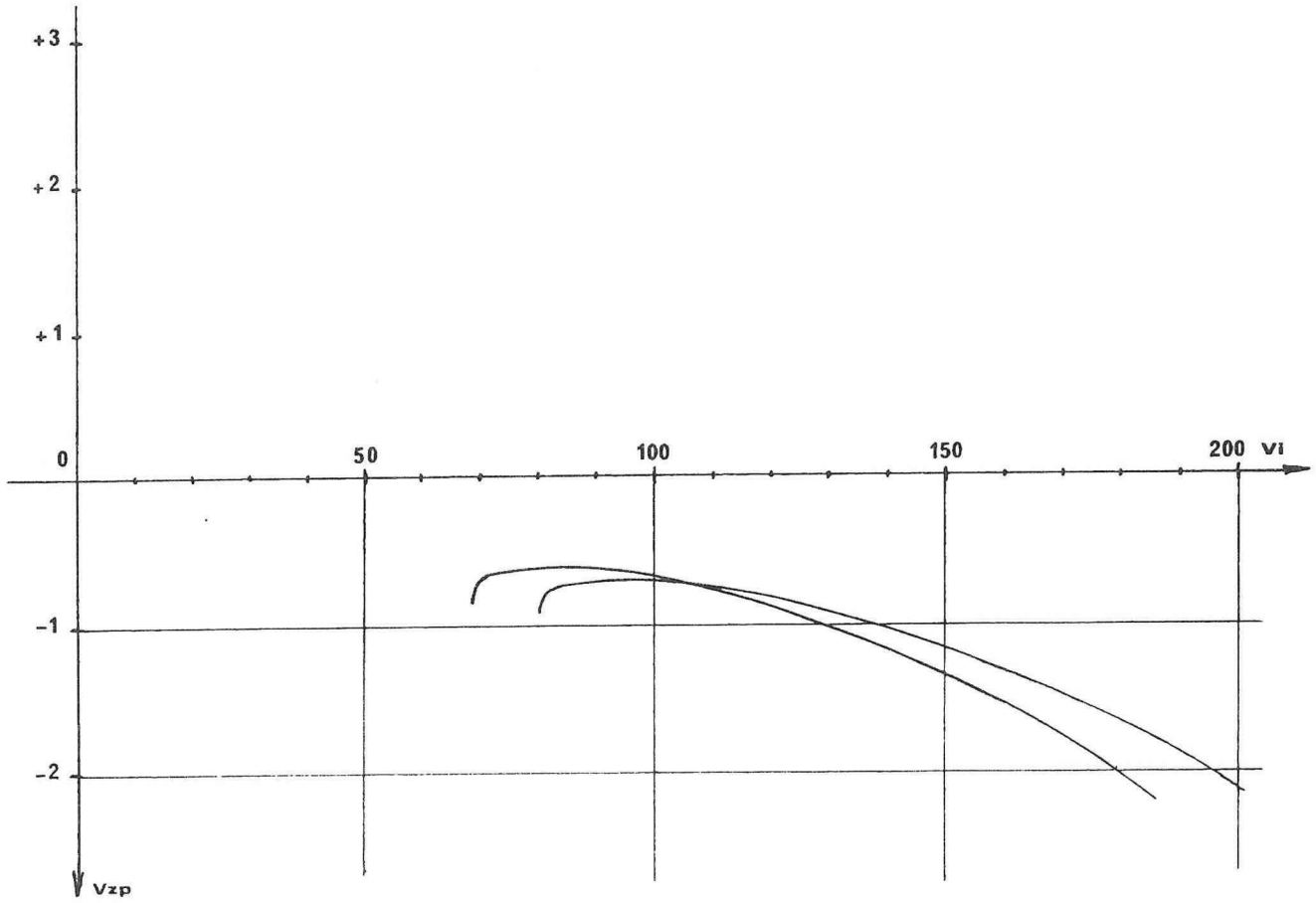
Vzw = + 2,5 m/s Situation A et + 3,5 m/s Situation B

- *Le planeur 1 à vide spirale..... km/h et à.....° d'inclinaison ;*
- *Le planeur 2 ballasté spirale..... km/h et à.....° d'inclinaison ;*
- *Vous supposerez que les deux planeurs volent à leur Vcr max et cheminent correctement.*

Remplissez le tableau ci-dessous à l'aide du croquis n° 43 page suivante.

	Planeur 1 à vide	*Planeur 2 ballasté*
Situation A		
Vzw =.....	.... + 2,5 m/s	.... + 2,5 m/s ....
Vzp (en spirale)....	.... − m/s	.... − m/s ....
Vza (en spirale)....	.... + m/s	.... + m/s ....
Vcr max.....	.... km/h	.... km/h ....
Situation B		
Vzw =.....	.... + 3,5 m/s	.... + 3,5 m/s ....
Vzp (en spirale)....	.... − m/s	.... − m/s ....
Vza (en spirale)....	.... + m/s	.... + m/s ....
Vcr max.....	.... km/h	.... km/h ....

Croquis n° 43



Dans les exemples et l'exercice ci-dessus, nous avons fixé par avance les valeurs se rapportant à la force et à l'étroitesse des ascendances (Vza et r) et omis une troisième variable qui est la difficulté de prendre ces ascendances. Ce ne sont donc que des hypothèses d'école destinées à vous sensibiliser au problème, car vous n'aurez pas ces données précises avant d'entreprendre un vol sur la campagne, dans la réalité.

En général, le défaut de nombreux vélivoles, même expérimentés, est de trop ballaster en sous-estimant, pour diverses raisons, la perte de temps en ascendance. Le vélivole le plus avantagé par le ballastage sera celui dont l'expérience lui permet d'optimiser la quantité conservée en vol de circuit en fonction de la maniabilité et de l'efficacité du planeur à cette charge.

2/ - Phases particulières du vol sur la campagne

2.1. - La décision de départ

La préparation du circuit ne fera pas ici l'objet d'un exposé détaillé. L'étude du "Manuel du pilote Vol à Voile" et la formation reçue de votre instructeur sont suffisants pour vous permettre de mener à bien cette opération. De même, l'examen des diverses causes de renoncement au départ, dues au pilote (fatigue, inexpérience, impréparation, mauvais équipement, manque d'entraînement) ou à la météo (plafond trop bas, risque d'évolution défavorable) est un sujet touchant à la sécurité qui sort du cadre de ce cours.

Par contre, il est important dans la tactique vélivole, de bien choisir le moment du départ en circuit, surtout dans le cas d'une course de vitesse.

Prenons d'abord le cas général d'un simple circuit d'entraînement :

* Un départ prématuré, alors que les Vz sont faibles ou le plafond encore bas, risque, au mieux, de ralentir le vélivole dans la première partie du vol dont la durée totale sera ainsi allongée, ce qui provoquera une fatigue supplémentaire gênante (voire dangereuse) en fin de journée. Mais, au pire, une telle précipitation entraînera une vache peu après le départ, gâchant une belle occasion.

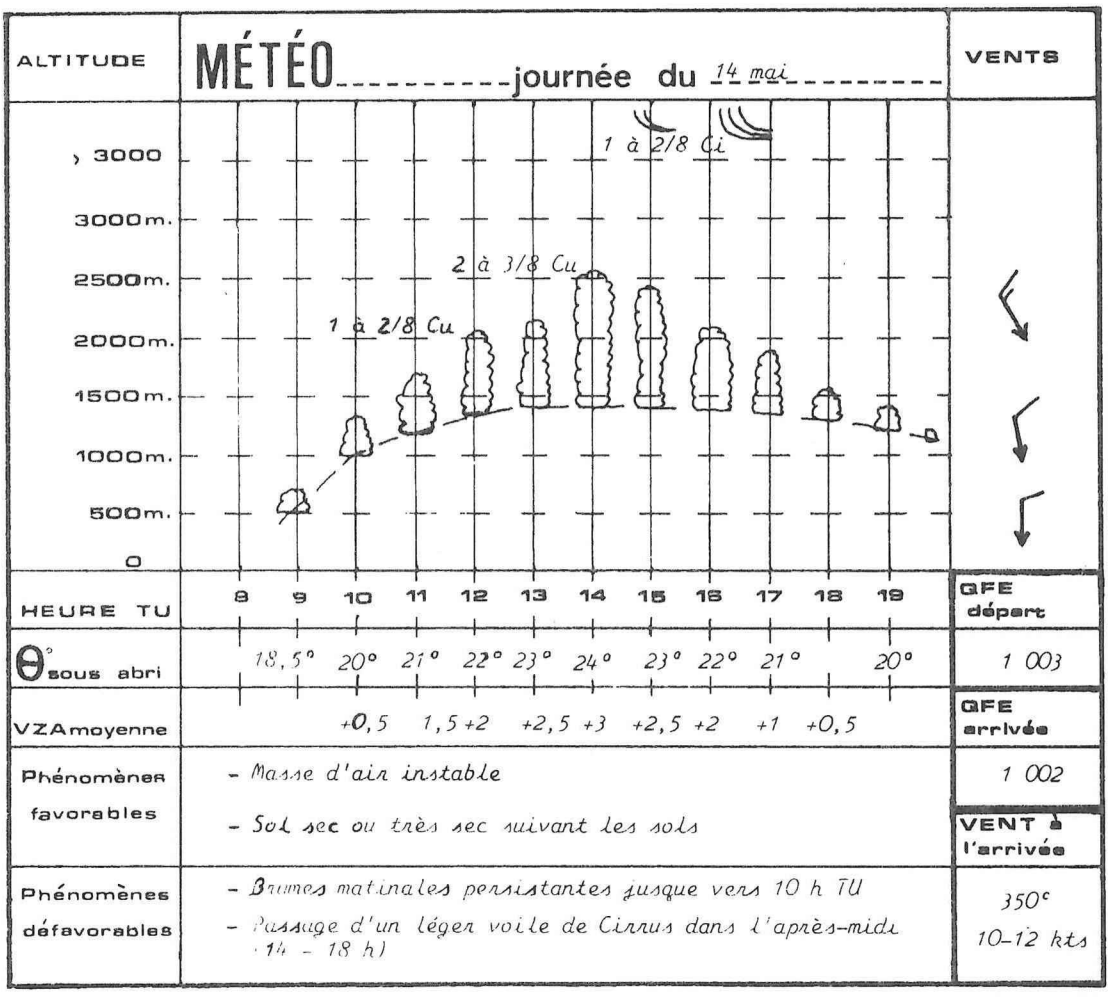
* Un départ trop tardif peut empêcher le vélivole de terminer le circuit prévu par manque de temps (arrivée de la nuit ou disparition des ascendances).

Il convient donc, pour le réaliser dans de bonnes conditions, d'insérer son circuit dans la tranche horaire optimale, déterminée grâce aux indications météo et au calcul prévisionnel (approximatif) de la vitesse de croisière.

Exemple :

Dans un club du centre de la France, le Chef Pilote, à 10 h locales ce jour-là, remet aux pilotes ce briefing météo en le commentant.

Croquis n° 44



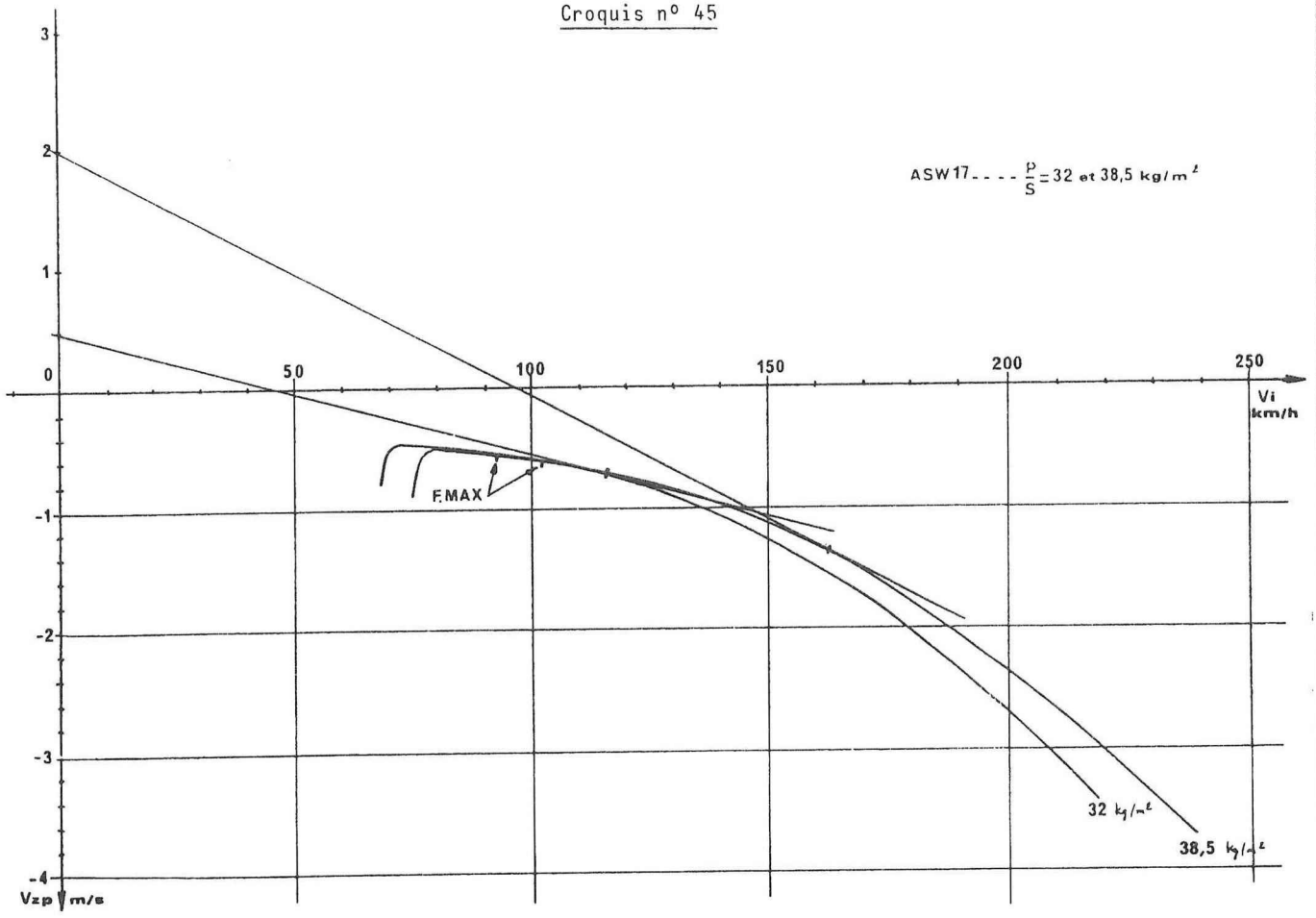
C'est une très bonne journée qui est prévue, malgré le déclenchement tardif. Cinq équipages se sont préparés et vont maintenant choisir leur circuit et leur heure approximative de départ, chacun en fonction de ses objectifs.

1/ - Le premier vélivole, très expérimenté, dispose d'un ASW 17 ballasté et a l'intention de faire un vol de grande distance. Ce sera un triangle de 640 km avec départ vent-arrière sur une branche facilement vachable dans sa première moitié au moins. A l'aide des polaires ci-dessous, il parvient à l'estimation suivante :

* Entre 12 h 30 et 19 h 30 locales, la Vza moyenne est de 2 m/s. Cela autorise une Vcr max de 100 km/h sans vent. Si l'on tient compte de la présence du vent, le circuit peut presque s'inscrire dans cette branche horaire, à condition de ne faire aucune erreur. Cette supposition serait irréaliste. Mais il reste, après 19 h 30 locales, encore une heure de vol par petit temps (après déballastage), avant une arrivée possible d'une cinquantaine de kilomètres sans ascendances, vu le plafond. Ce circuit paraît donc réalisable.

Mais il faut partir le plus tôt possible. Puisque les météos annoncent le déclenchement des fortes ascendances vers 12 h 15 locales, ce vélivole décollera un peu avant pour être largué vers 12 h locales. Il commencera son vol par un lent cheminement vent-arrière dans les Vza faibles qui existeront alors sous un plafond s'élevant peu à peu. Les quelques kilomètres gagnés ainsi sont toujours bons à prendre.

Croquis n° 45

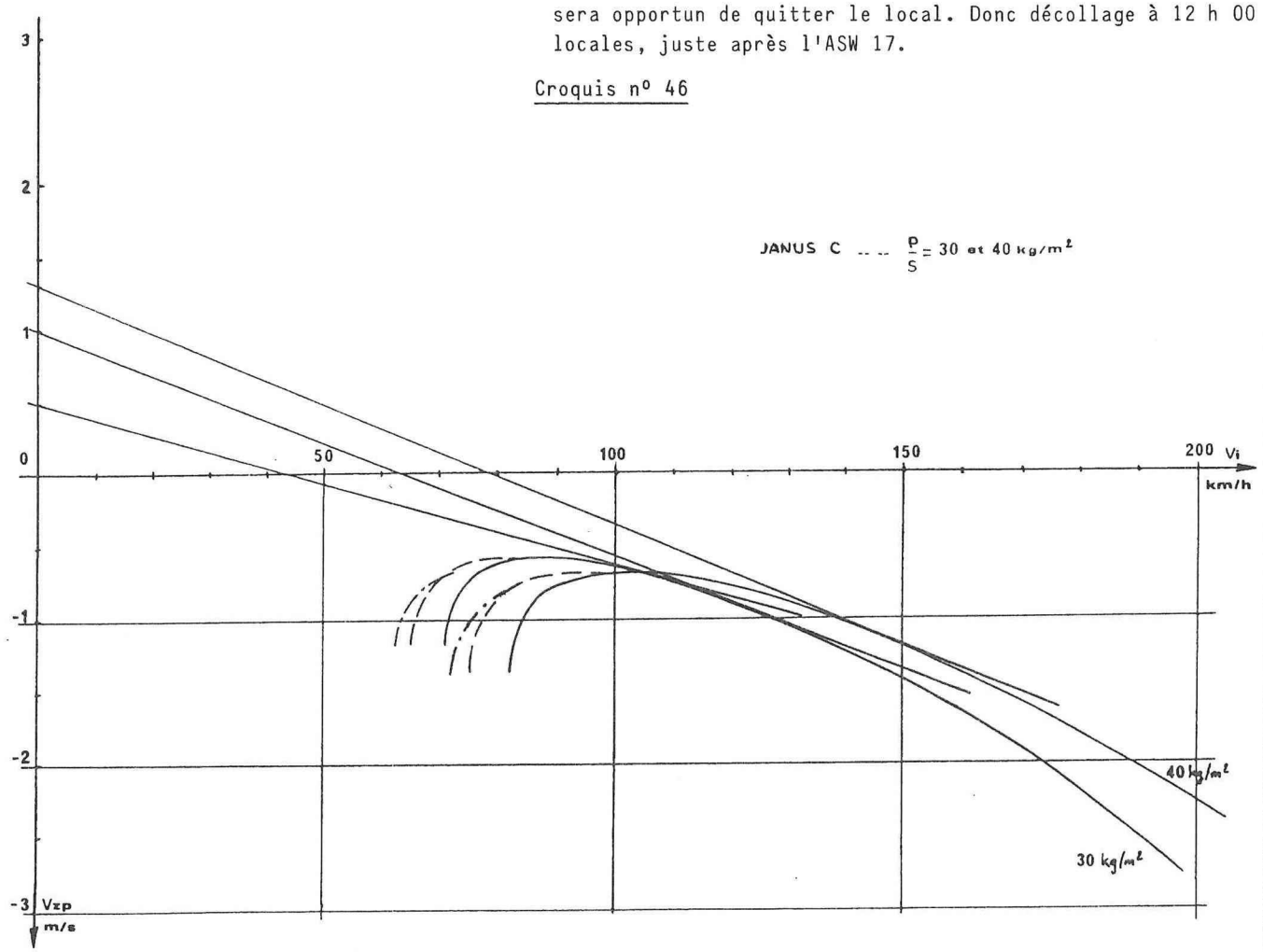


2/ - De son côté, un instructeur tient un conseil restreint avec ses deux élèves du jour. Leur objectif est de faire deux vols sur la campagne, d'une longueur moyenne, pour l'apprentissage du circuit. Le premier élève étant déjà avancé dans cette voie, l'instructeur fait l'analyse qui suit :

* La Vza moyenne annoncée étant de 2 m/s, cet élève devrait pouvoir en tirer les deux tiers, soit environ 1,30 m/s. La Vcr max possible est alors de 80 km/h, car le planeur est ballasté. Si l'on partage la meilleure tranche horaire en deux, nous disposons d'environ 3 h 30, entre 12 h 30 et 16 h locales. Cela représente une distance maximale de 280 km. Il paraît raisonnable d'envisager un triangle ou un aller-retour de 200 km, ce qui laisse une marge d'environ 30 % pour d'éventuelles erreurs tactiques.

* Pour ce qui est du départ, il se fera donc avant le déclenchement des bonnes Vza, d'une part pour ne pas perdre de temps, d'autre part pour que l'élève voie, en l'air, l'évolution des conditions et décide lui-même à quel moment il sera opportun de quitter le local. Donc décollage à 12 h 00 locales, juste après l'ASW 17.

Croquis nº 46



Le deuxième élève, lui, n'en est qu'à ses premiers circuits en double commande. L'instructeur en tient compte en faisant le point :

* Cette fois-ci, nous ne tablerons que sur une Vza moyenne de 1 m/s et le planeur sera déballasté. La Vcr max possible étant alors de 65 km/h environ, les trois heures restantes

dans la meilleure tranche horaire, de 16 h 30 (compte tenu du changement d'équipage) à 19 h 30 locales correspondent à une distance maximale de 195 km. L'heure qui suit n'assurant que de faibles Vza ne permettrait de couvrir qu'une faible distance (environ 40 km). Elle sera plutôt utilisée pour la dernière partie du retour et l'arrivée, du km 50 environ. Le circuit prévu sera donc un triangle de 150 km environ, qui permettra de ne jamais être très loin du terrain de départ (dépannage rapide, vache pas chère) ou d'écourter en cas de problème.

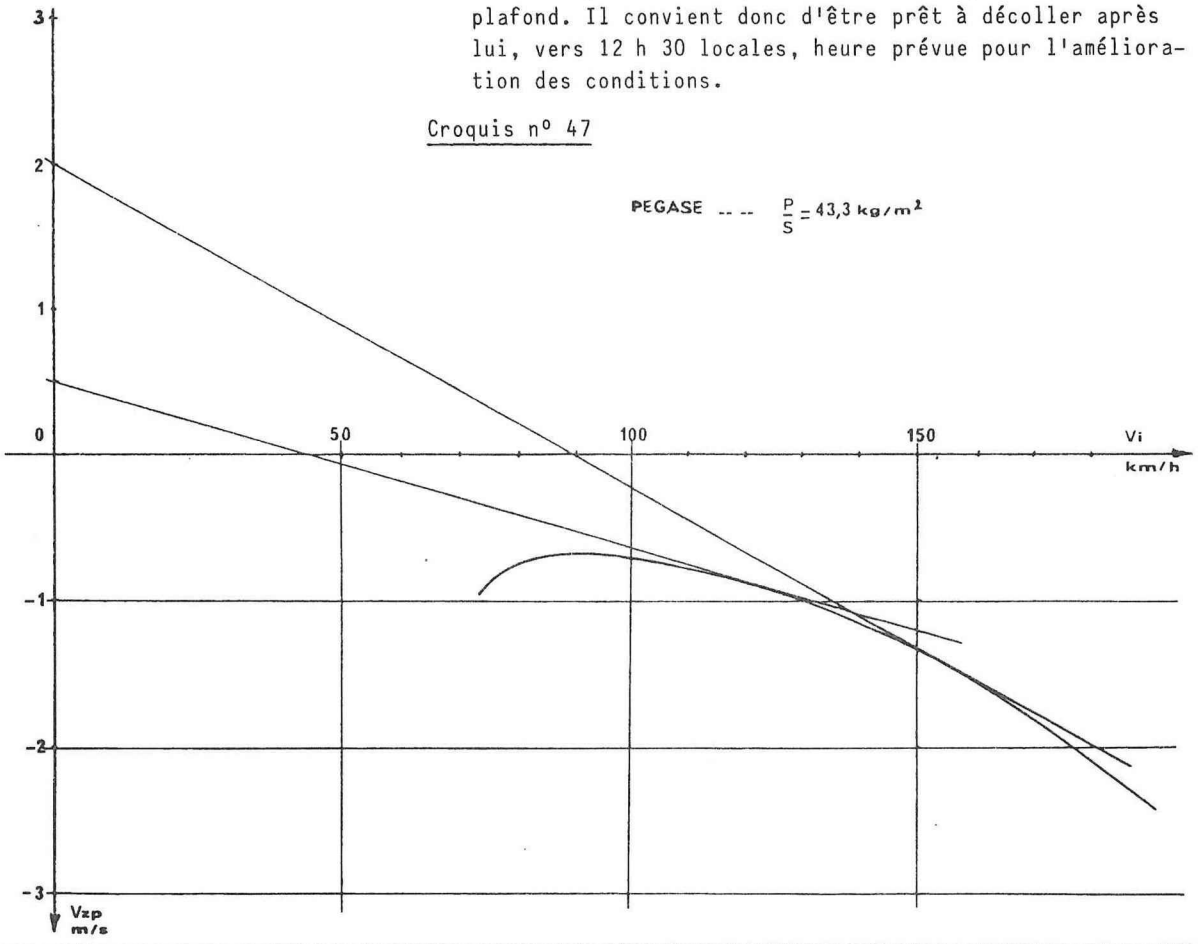
3/ - Le Chef Pilote, de son côté, apporte son aide à deux vélivoles qui vont tenter de réaliser une épreuve en vue de l'obtention d'un brevet de performance. Ils disposent chacun d'un Pégase.

Le premier prévoit un triangle de 520 km et aura ballasté son planeur. Les éléments sont les suivants :

* La Vza moyenne de 2 m/s pendant les heures de la meilleure période permet d'envisager une Vcr Max de 90 km/h, soit 585 km parcourus au maximum, entre 13 h et 19 h 30. Reste une heure de petit temps, en sécurité, et encore la possibilité d'une arrivée d'une quarantaine de km en air calme (entre 20 h 30 et 21 h). Cela donne une marge confortable.

* Malgré cette aisance relative, il convient de ne pas perdre de temps au départ. Dès que le Janus C aura signalé le déclenchement des meilleures ascendances, le candidat au brevet F pourra donc quitter le local après avoir fait le plafond. Il convient donc d'être prêt à décoller après lui, vers 12 h 30 locales, heure prévue pour l'amélioration des conditions.

Croquis n° 47

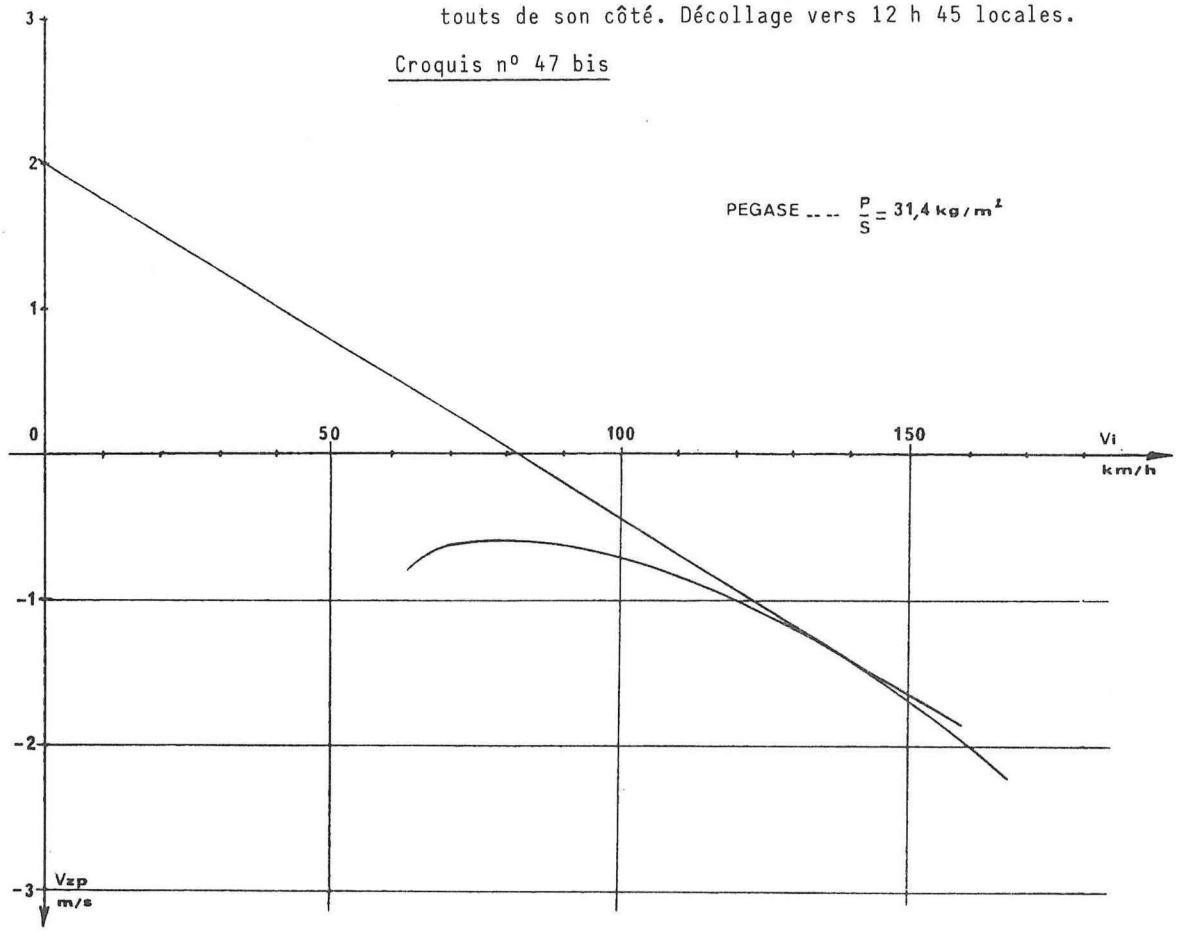


4 - Le second vélivole a prévu un triangle de 320 km BF. N'étant pas assez accoutumé au pilotage du Pégase ballasté, il partira à vide.

* Compte-tenu de la Vza moyenne et de la tranche horaire, il n'y a aucun problème pour réaliser ce circuit. Le retour lui-même devrait être assuré pendant la meilleure période de l'après-midi (vérifier avec la polaire du croquis n° 47 bis).

* Il n'y a donc pas lieu de précipiter le départ. Pour réaliser celui-ci avec le plus d'aisance possible, il conviendra de prendre le temps d'observer tranquillement en local les conditions aérologiques, comme, par exemple, l'endroit où se trouvent les meilleures ascendances sous les cumulus. Lorsque le plafond aura été obtenu, le candidat au brevet E pourra partir en toute tranquillité, avec le maximum d'atouts de son côté. Décollage vers 12 h 45 locales.

Croquis n° 47 bis

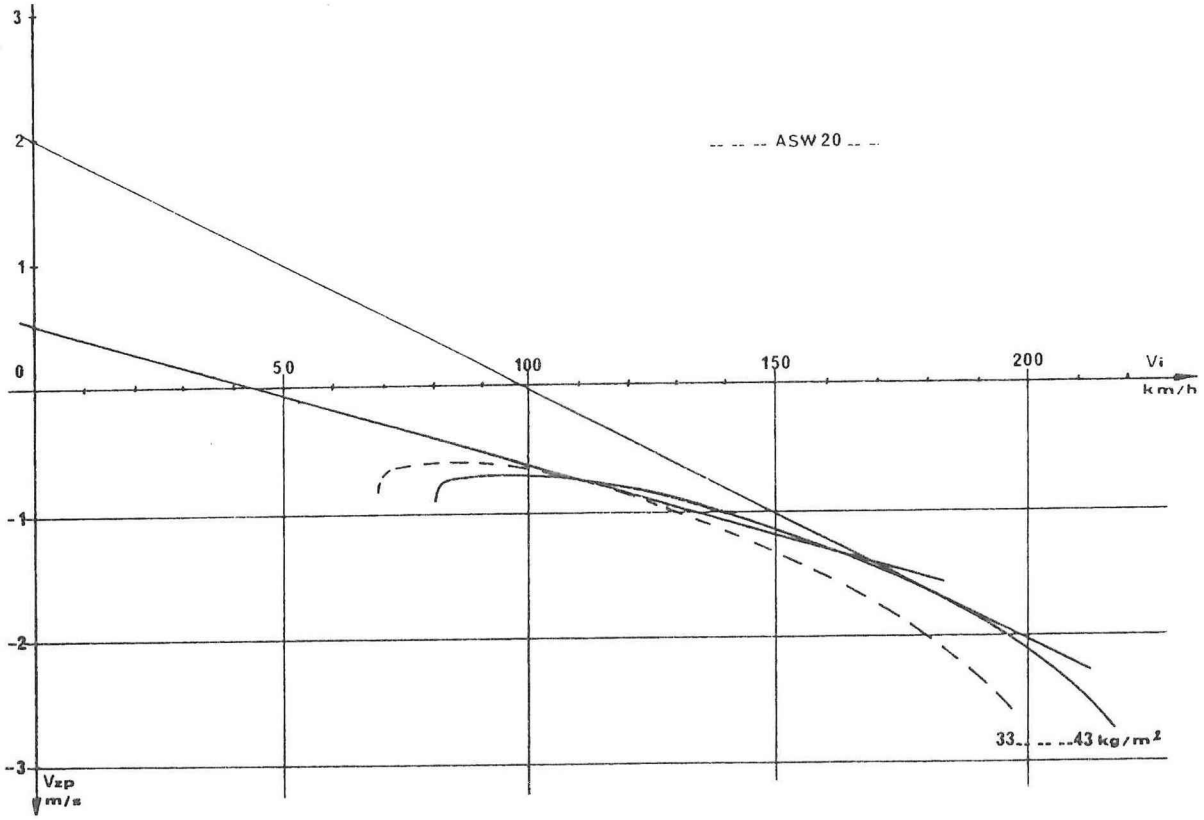


5/ - Enfin, un des vélivoles les plus expérimentés du club a préparé son ASW 20, ballasté, en vue de s'entraîner pour une compétition, à laquelle il doit prendre part quelque temps plus tard. Le triangle prévu fait 415 km.

* Entre 14 h et 18 locales, la Vza moyenne devrait être de 2,5 m/s. Cela permettrait une Vcr max de 108 km/h avec un cheminement correct sans plus. Le circuit s'inscrit donc dans cette période, avec une arrivée rapide. En cas d'erreur importante, les heures de fin de convection donnent une large sécurité pour le retour.

* Pour simuler un départ de compétition, ce vélivole compte photographier avec un photo-time, les hangars du club, avant de s'élancer vers son premier point de virage, une fois obtenus le plafond et les Vza prévus pour le début de la période qui l'intéresse (1 450 m/sol et 2 m/s minimum). Pour ce faire, il décollera vers 13 h locales, prospectera, pendant environ une heure, les ascendances et le cheminement en local et sur le début de sa première branche. Dès que les conditions seront réunies, il "passera la ligne de départ", en principe vers 14 h locales.

Croquis n° 48



Ainsi adapté à chaque objectif du vol sur la campagne, la décision de départ bien préparée et prise au bon moment est un élément de réussite et de sécurité fort appréciable.

2.2. - Technique et tactique au point de virage

La bonne exécution d'un point de virage peut faire gagner beaucoup de temps et assurer le pilote d'un bon enregistrement de sa performance. A l'inverse, les erreurs de technique ou de tactique de vol peuvent ralentir, voire faire échouer la réalisation d'un circuit en épreuve ou en compétition.

a) - Choix du point de virage

Il n'est pas possible de prendre n'importe quel point de repère comme point de virage et objet de la photographie. Certaines installations excluent cette possibilité : centrales nucléaires, camps ou aérodromes militaires en particulier.

Mais surtout le repère à photographier doit être précis. Ses dimensions doivent donc être réduites.

Choisir comme point de virage un aérodrome de la taille de Châteauroux-Déols, par exemple, est une ineptie qui devrait en toute rigueur ôter sa validité au point de virage. Où virer en effet ? D'une extrémité à l'autre de l'aérodrome, il y a une grande distance et deux planeurs pourraient, à la limite, virer officiellement au même endroit alors que l'un deux, virant à l'extrémité Nord-Est de la piste, aurait parcouru 5 km aller-retour de plus ou de moins qu'un planeur virant l'extrémité Sud-Ouest de la piste. Il convient donc de prendre comme repère du virage un point beaucoup plus précis : par exemple, la cible parachutiste ou la tour de contrôle.

De même, si une ville est choisie comme point de virage, la gare SNCF, un pont précis, la cathédrale ou un bâtiment aisément identifiable seront seuls des points de virage corrects. L'appellation précise doit d'ailleurs figurer sur le panneau de départ.

Croquis n° 49

CVV MONTARGIS		
PILOTE... DUPONT-SURLOING		PLANEUR... PÉGASE - F-CFKF
DATE... 11 avril 1986		N° BARO... 902756
CIRCUIT	PREVU	REALISE
DEPART	MONTARGIS - VIMORY	
1er POINT DE VIRAGE	CHATEAUROUX - DÉOLS (Pied de la Tour)	
2e POINT DE VIRAGE	BLOIS - Gare -	
3e POINT DE VIRAGE	/	
ARRIVEE OU ATTERRISSAGE	MONTARGIS - VIMORY (Δ 335 km - B.F.)	
COMMISSAIRE	MARTIN G. n° 7654	

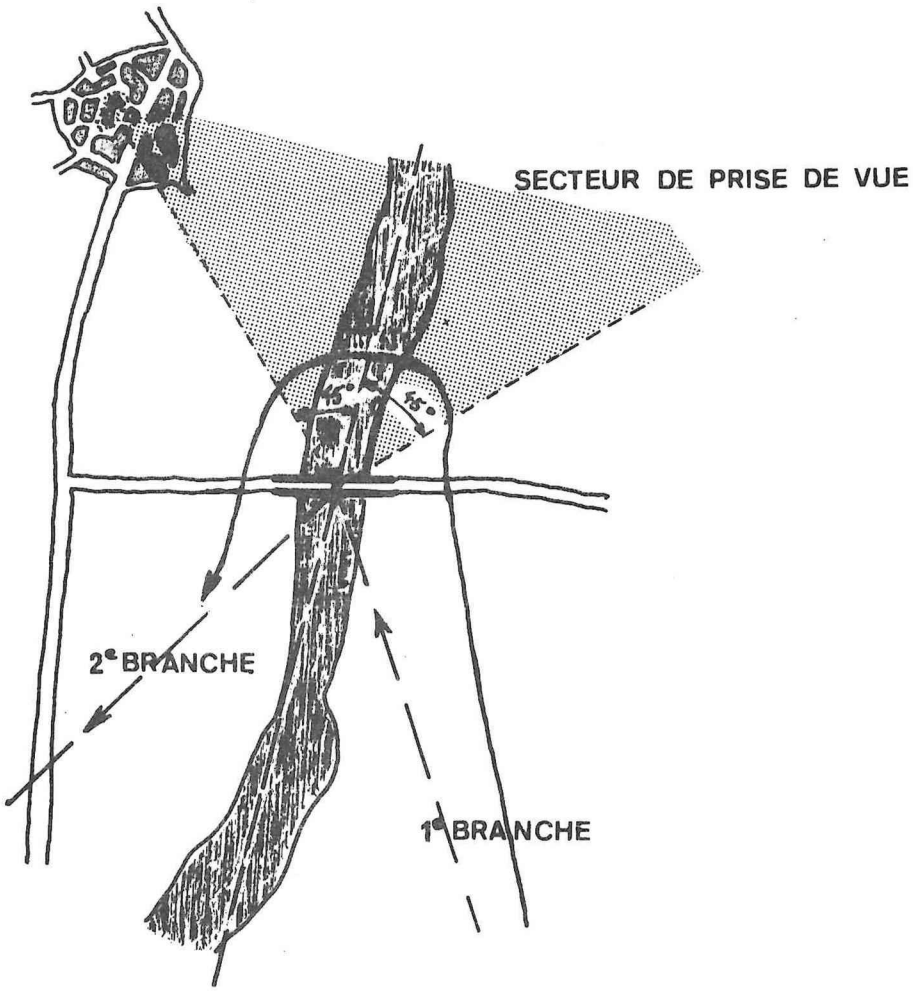
b) - Technique au point de virage

Le code FAI (Fédération Aéronautique Internationale) a fixé des règles permettant la validation des circuits réalisés sur la campagne et notamment en ce qui concerne la preuve photographique du point de virage.

* Secteur de prise de vue

Le code FAI exige que la prise de vue soit effectuée dans un secteur situé au-delà du point de virage et déterminé par deux droites écartées de 45° de la bissectrice des deux branches concernées du circuit.

Croquis n° 50

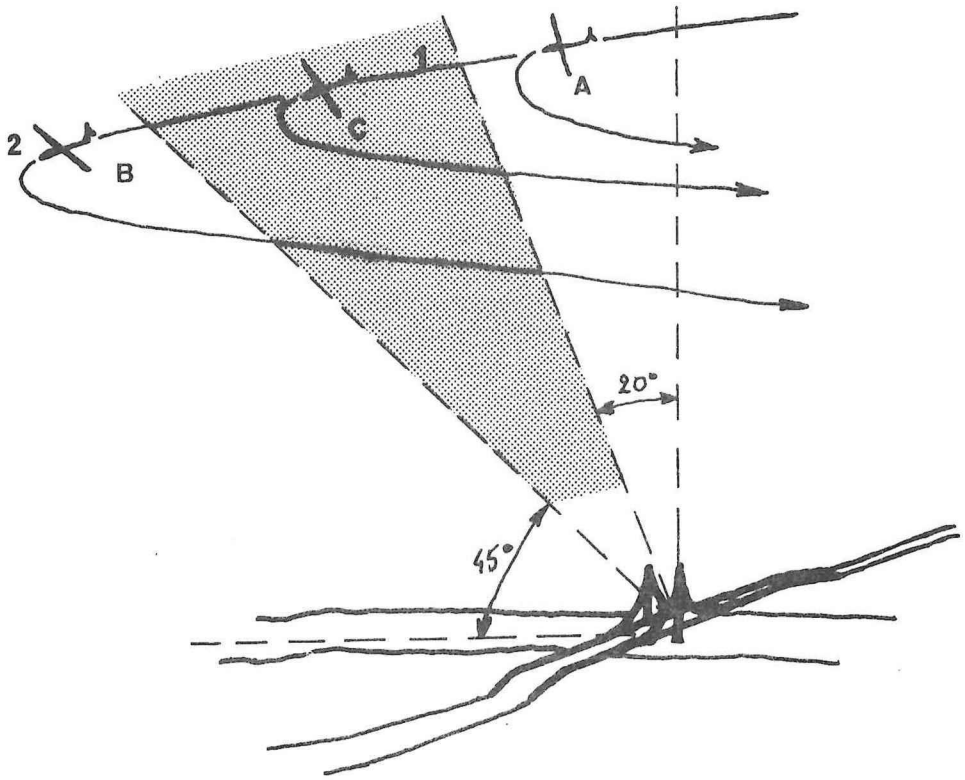


Le secteur vertical de prise de vue ne fait pas l'objet d'exigences particulières sinon que la photographie doit démontrer le dépassement de la verticale du point de virage. Cependant, le bons sens indique qu'il existe malgré tout un secteur vertical de prise de vue qui donne le maximum d'efficacité sur tous les plans (voir croquis n° 51).

Il est conseillé d'éviter le secteur A où la prise de vue est délicate et l'erreur de manoeuvre trop probable. Un virage à forte inclinaison serait nécessaire qui laisse au pilote très peu de temps et d'espace pour réussir l'opération. De nombreux pilotes, voulant gagner du temps (et de l'altitude) ont de ce fait raté leur (s) photo (s) et, dans le meilleur des cas, s'ils s'en sont aperçus, ont dû refaire une dernière manoeuvre au point de virage : le résultat final est alors évidemment beaucoup plus mauvais qu'une seule manoeuvre large, exécutée avec aisance.

Il faut également éviter le secteur B, qui éloigne trop le pilote de son point de virage et lui fait perdre beaucoup de temps en rallongeant la distance de façon non négligeable.

Croquis n° 51



Exemple :

Altitude au point de virage de deux planeurs identiques : 1 500 m. Vi = 120 km/h.

Le 1er vire au point 1 distant du point de virage de 500 m environ.

Le 2ème vire au point 2 distant du point de virage de 1 300 m environ. Il parcourt 1 600 m de plus en aller-retour et perd donc environ 1 mn et 50 mètres d'altitude sur le premier planeur.

C'est donc le secteur C qui est le plus favorable à la prise de vue.

* Technique de prise de vue

La première chose que doit faire le vélivole est de s'équiper correctement pour obtenir de bonnes photos de points de virage. Combien d'entre nous sont-ils rentrés d'un beau circuit ou d'une épreuve FAI dont la réalisation a laissé un souvenir inoubliable mais dont la preuve n'a pu être faite ? Cet équipement exige pourtant plus d'intérêt et de soin que de dépenses et d'adresse particulière.

Pour l'appareil photographique, le plus simple est le meilleur. Souvenez-vous de ces différents points lors de son choix :

- En vol, vous n'aurez pas le temps de faire des réglages ---- Mieux vaut un appareil à réglages automatiques ou sommaires ;

- Dans le poste de pilotage, l'appareil peut par fortes turbulences être secoué. Son support ne devra pas avoir un trop grand poids à soutenir ---- Mieux vaut un appareil léger, peu fragile et éventuellement avec des facilités pour une fixation rigide aisée ;

- L'appareil sera presque plaqué contre la verrière ---- Le déclencheur devra se situer sur le dessus de l'appareil et ne pas être trop dur ;

- La netteté des clichés a une grande importance à la lecture ---- L'appareil doit avoir un objectif propre et il faut éviter de l'exposer à un risque de condensation ;

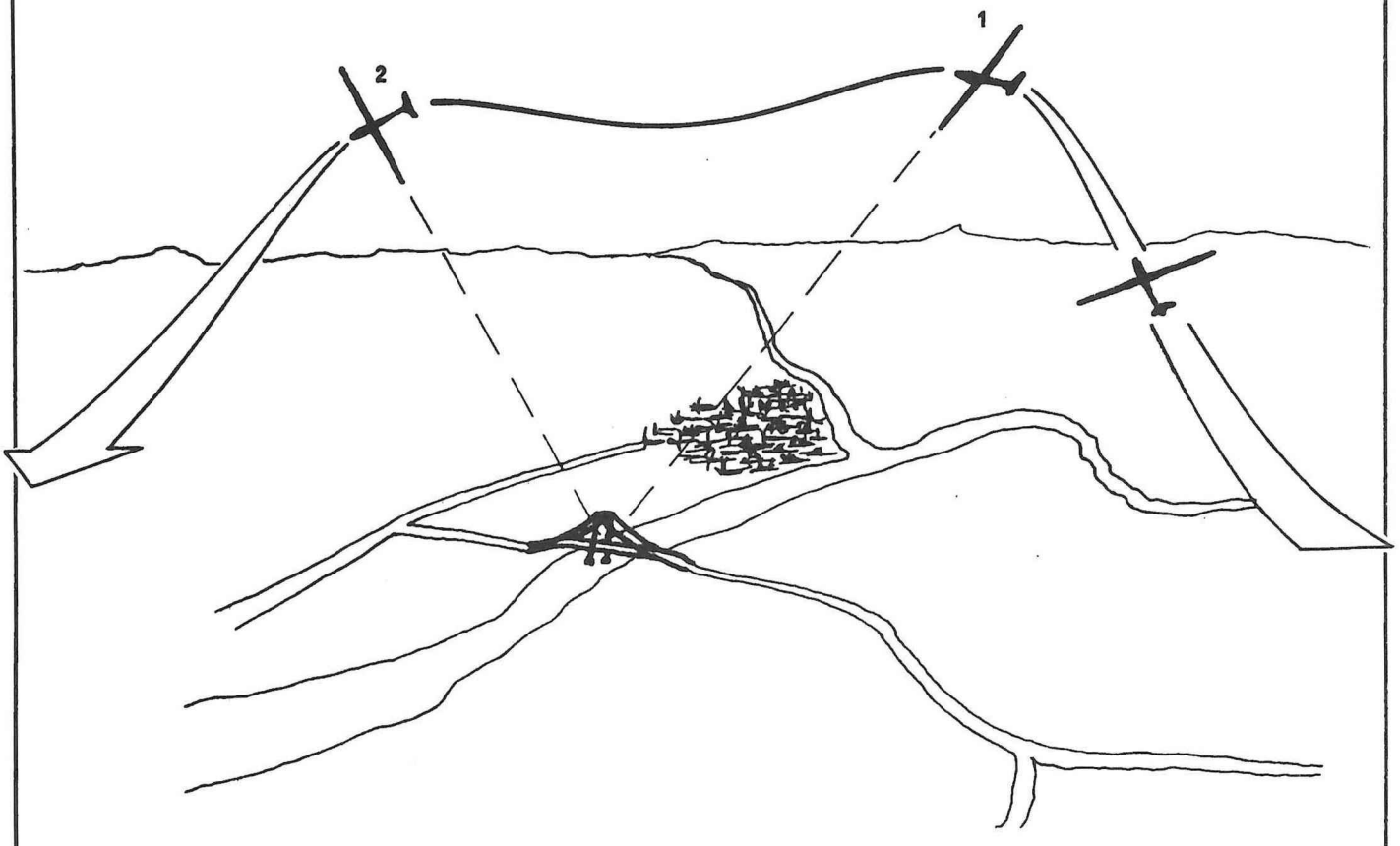
- Le code FAI n'admet pas, pour des raisons évidentes, des appareils à enroulement libre sur lesquels des retours en arrière sont possibles.

Ceci dit, il est évident que la fixation du ou des appareils sur le planeur, d'une manière ou d'une autre, est la garantie d'éviter des ratés et de trop grandes pertes d'altitude aux points de virage. Le code FAI précisant que les virages se font par la gauche, la fixation sera prévue de ce côté-là.

Deux appareils peuvent être utilisés conjointement. Il convient de les fixer alors assez près l'un de l'autre pour pouvoir les déclencher en même temps.

Si le pilote compte effectuer deux prises de vue à un point de virage, il peut procéder comme l'indique le croquis ci-dessous :

Croquis nº 52

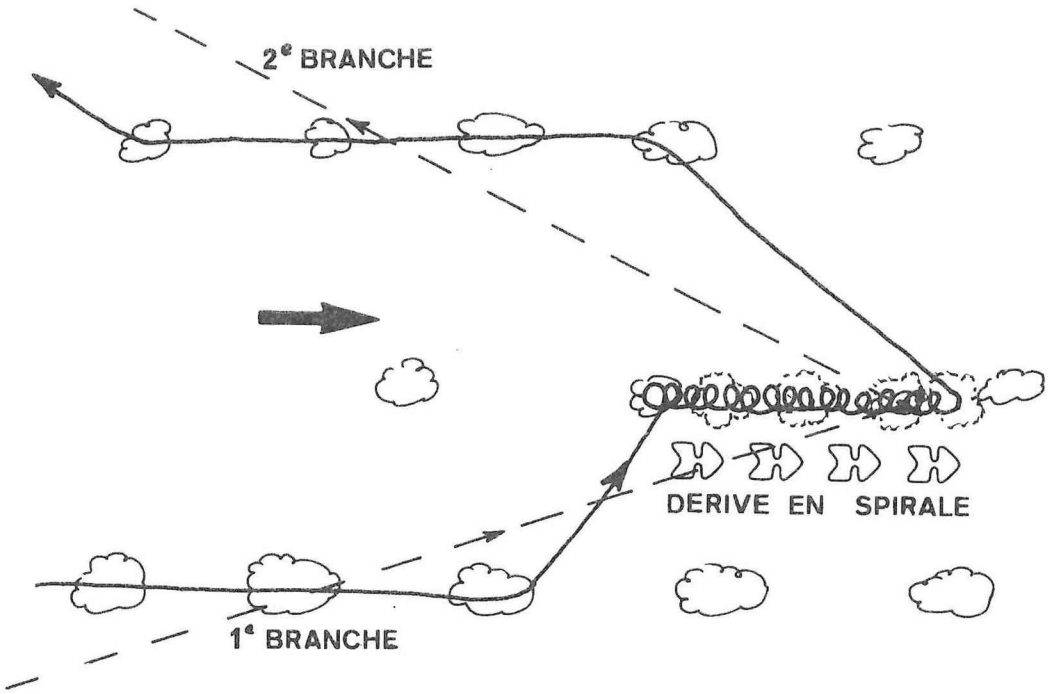


c) - Tactique au point de virage

Le vélivole doit absolument affiner sa tactique au point de virage. Quelques erreurs, en effet, peuvent faire perdre beaucoup de temps ou poser des problèmes pour la poursuite du circuit, à la suite d'une décision malvenue.

* Tactique au point de virage en thermique avec du vent arrière sur la 1ère branche et de face sur la suivante.

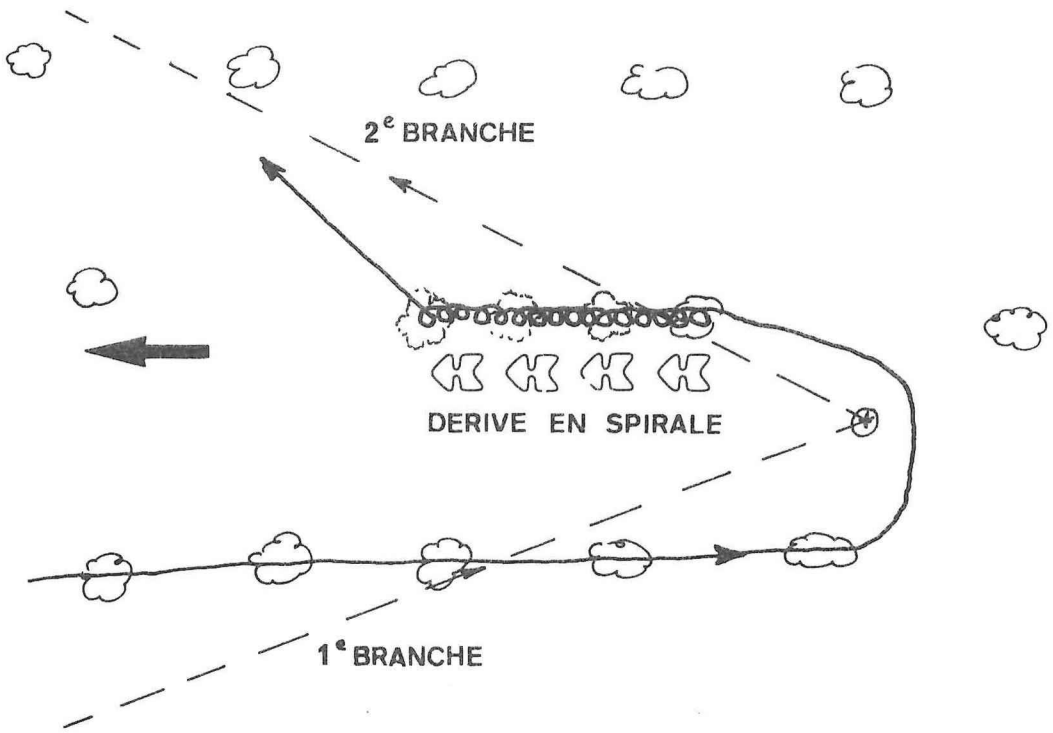
Croquis n° 53



La meilleure tactique de vol en ce cas, en supposant que les Vza aient une valeur à peu près homogène sur cette portion de circuit, consiste à prendre une ascendance vers la fin de la branche vent arrière pour aborder la branche vent de face à l'altitude maxi possible. En effet, toute spirale sur la première branche fait en réalité progresser le planeur sur sa route. A l'inverse, une spirale au début de la deuxième branche ferait régresser le planeur sur sa route. Il devrait parcourir deux fois le même chemin et prendrait sur le premier un retard égal à deux fois le temps de parcours, sans vent, de la distance de dérive pendant la spirale. L'erreur est évidemment d'autant plus pénalisante que le vent est fort et la reprise d'altitude importante, puisque la distance en dérive sera grande.

* Tactique au point de virage en thermique avec du vent de face sur la 1ère branche et arrière sur la seconde.

Croquis n° 54



Dans ce deuxième cas, la meilleure tactique, pour les mêmes raisons que précédemment mais inversées, consiste à prendre d'abord la photo du point de virage avant d'aller prendre une ascendance sur la branche vent arrière. Ceci suppose évidemment d'avoir l'autonomie suffisante pour effectuer le parcours et prendre la photo avant de reprendre de l'altitude. La tactique de vol sur les derniers kilomètres de la 1ère branche devra donc tenir compte de cette nécessité. Si les conditions le permettent en toute sécurité, le meilleur rendement serait obtenu en virant plutôt bas, dans ce cas-là. Mais dans la mesure où il n'est pas tenu à une attitude particulièrement compétitive, le vélivole se contentera, avec une marge raisonnable, de ne pas reprendre d'altitude inutile dans la dernière partie de la branche vent de face.

3/ - L'arrivée

Certains vélivoles perdent beaucoup de temps ou "se vachent" inutilement dans la dernière partie de leur circuit parce qu'ils ont une conception erronée de l'arrivée et, par conséquent, la corduisent mal. Il convient donc d'en donner une définition plus rigoureuse et d'expliquer les différents types d'arrivée possibles.

a) - Définition

L'arrivée commence lorsqu'un vélivole décide de se mettre sur un plan globalement descendant vers son terrain de destination, avec l'espoir de ne pas avoir à remonter en spirale. Une interruption de l'arrivée est toujours possible pour remonter en ascendance si le plan prévu ne peut être suivi normalement.

Par contre, le pilote s'attachera à cheminer au mieux et à gérer attentivement l'altitude acquise en la transformant en distance et en vitesse sur un plan soigneusement calculé et surveillé, qui évoluera dans les derniers kilomètres vers un plan plus fort, pour des raisons de sécurité bien compréhensibles.

Les paramètres à prendre en compte pour la conduite d'une arrivée sont le vent sur la route, les conditions aérologiques pour le cheminement, les possiblités d'atterrissage en campagne. Il n'est pas toujours facile d'en tirer parti de façon optimale. C'est pourquoi une méthode simple, l'arrivée "facile", permet au vélivole qui ne cherche pas la performance maximale ou la compétition, de résoudre aisément le problème.

b) - L'arrivée facile

Selon la finesse max de chaque planeur, le vélivole peut en effet se fonder sur une finesse "opérationnelle" minimale qui lui permettra de rejoindre un terrain avec certitude, en l'absence de conditions aérologiques exceptionnellement défavorables (dont le pilote aurait alors forcément connaissance à l'avance).

Pour les planeurs d'une finesse maxi inférieure à 30, le pilote peut compter sur une finesse "sûre" égale aux deux tiers de celle-ci.

Pour les planeurs de finesse max comprise entre 30 et 40, une finesse de 20 peut être assurée.

Quant aux planeurs dont la finesse est nettement supérieure à 40, le plan de finesse 25 représente une sécurité excellente.

Si le vent sur la route est fort et connu, il est possible, par un calcul simple de savoir à peu près quelle est la nouvelle finesse sur laquelle on peut compter. Il suffit d'augmenter ou de réduire la finesse considérée d'un pourcentage égal à la vitesse du vent en km/h.

Exemple :

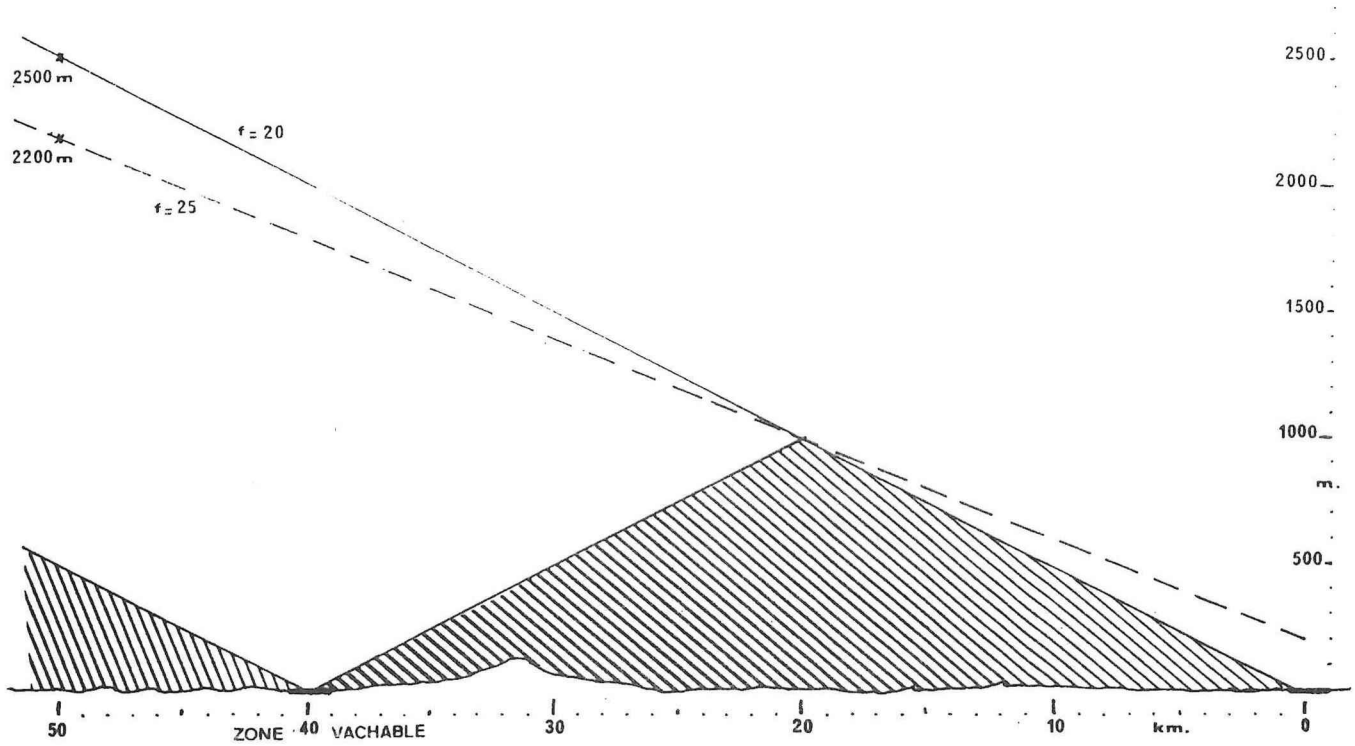
Un Cirrus cherche à se mettre en arrivée. Le vent est estimé à 25 km/h de face. La finesse max est de 36. Il serait possible de compter sur une finesse de 20 en courte arrivée sans vent. Le plan de sécurité sera en fait ramené à 20 moins 25 %, soit 15. Ce faisant, le pilote ne courra aucun risque, sans être pour autant dispensé de cheminer au moins correctement.

En appliquant cette méthode, le vélivole sera toujours en mesure de rejoindre à coup sûr et sans calcul complexe un terrain (ou d'ailleurs un champ vachable connu). Une variante permet d'accroître les possibilités, en prenant un plan de finesse 25 avec 200 m de marge de sécurité.

Exemple :

Arrivée facile avec un planeur de classe Standard. Les deux méthodes donnent le même résultat : le "verrou" est à 1 000 m au km 20. Par contre, la méthode finesse 25 + 200 m de marge permet de commencer l'arrivée de plus loin ou de moins haut (2 200 m au km 50 au lieu de 2 500 m). (Voir croquis page suivante).

Croquis n° 55



c) - L'arrivée rapide calculée

Les arrivées se font parfois avant la fin de la convection, lorsque les ascendances sont encore exploitables. Un vélivole peut alors gagner un peu de temps en réalisant une arrivée calculée plus précisément, en fonction des conditions rencontrées jusqué-là. Dans ce cas, il prépare et poursuit une arrivée sur des plans de descente adaptés aux circonstances de vol, jusqu'au point à partir duquel il "assurera" le terrain en restant dans les derniers kilomètres sur un plan de finesse 20. L'arrivée se calcule alors vers ce point. Deux questions peuvent permettre d'exposer cette méthode, éventuellement un peu plus complexe.

1. - Quel calage adopter pour réaliser l'arrivée la plus rapide ?

Il n'est pas rare d'entendre des vélivoles répondre à cette question de manière erronée, en affirmant :

- Soit : "il faut sous-caler. Cela permet de commencer l'arrivée de plus loin et de gagner du temps puisqu'on évite des tours de spirale".

- Soit : "il faut sur-caler puisque le calage à la Vza moyenne correspond au vol à Vcr max. Sur un plan globalement descendant, il faut donc adopter un calage supérieur à la Vza m".

Un exemple nous permettra mieux de voir les conséquences de ces choix et d'en tirer les conclusions.

Exemple :

Supposons trois planeurs (du type de celui que nous avons utilisé dans les chapitres I et II) au retour d'un circuit. Chaque pilote conduit son arrivée avec un calage différent. La Vza moyenne sur

la dernière partie du circuit est de + 1 m/s.

Tous trois ont un cheminement de même valeur, correct sans plus (bilan masse d'air Vzw = 0). Ils ont reçu la consigne de ne poursuivre l'arrivée au-delà du km 15 que s'ils sont sur un plan de finesse 20 au moins (soit 750 m QFE minimum).

Chaque pilote connaissant le plafond utilisable (1 600 m QFE) et la finesse approximative correspondant à son calage (voir tableau) peut déterminer la distance à laquelle il pourra entamer son arrivée :

1 600 m - 750 m = 850 m disponibles.

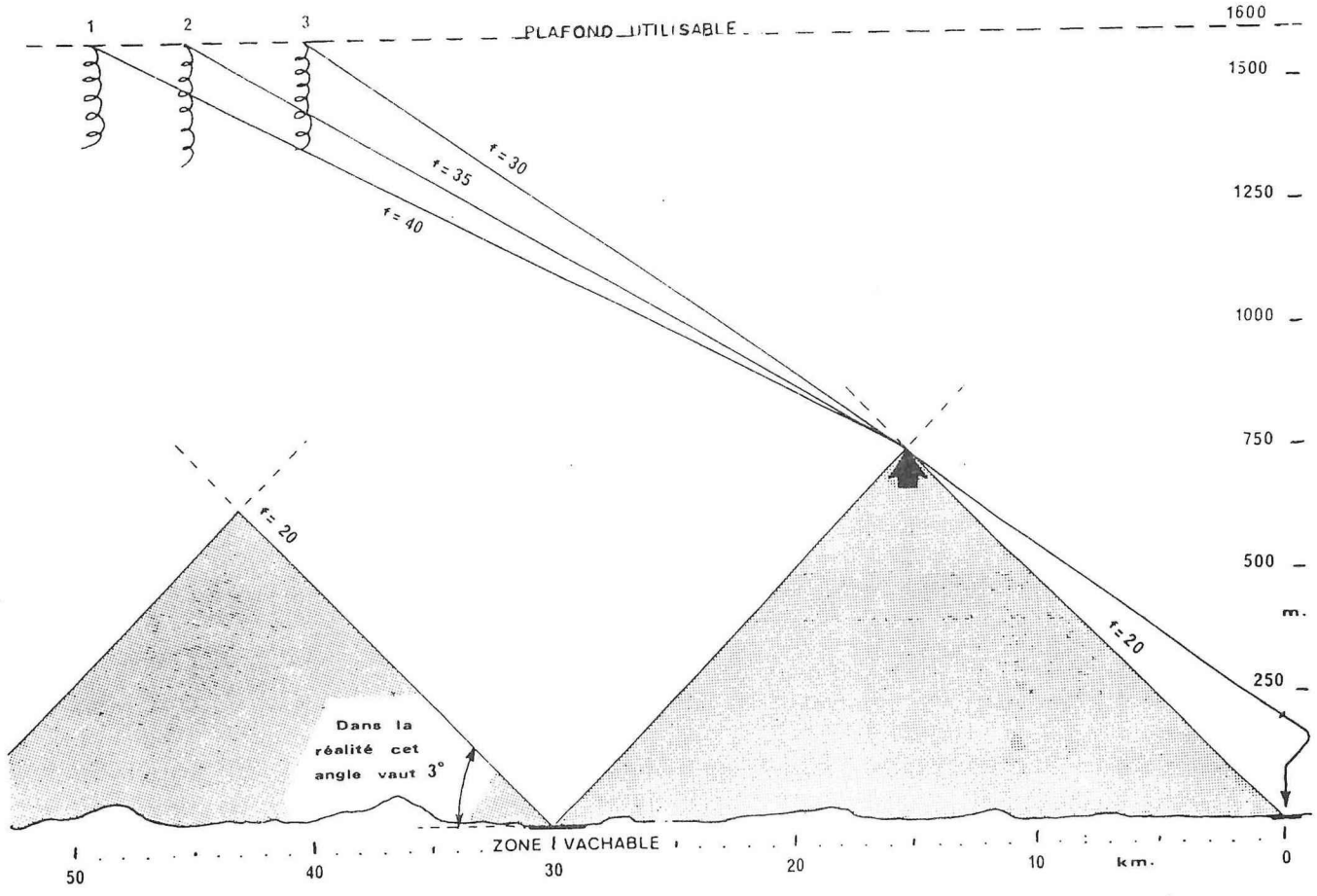
1 - 850 m à $f \simeq 40$ $D \simeq 34$ km Arrivée du km 49

2 - 850 m à $f \simeq 35$ $D \simeq 30$ km Arrivée du km 45

3 - 850 m à $f \simeq 30$ $D \simeq 25$ km Arrivée du km 40

Nous les comparerons donc entre le km 50 et le km 15 à partir duquel leurs trajectoires et leurs temps de vol sont identiques.

Croquis n° 56



Le tableau ci-dessous permet de chiffrer la comparaison.

	1 - Calage à 0	2 - Calage à + 1	3 - Calage à + 2
AVANT DEBUT D'ARRIVEE			
Vcr max (calage + 1).....	60 km/h	60 km/h	60 km/h
Distance.....	1 km	5 km	10 km
Temps.....	1'	5'	10'
ARRIVEE JUSQU'AU KM 15			
Début.....	km 49	km 45	km 40
Vi en transition..	94 km/h	116 km/h	136 km/h
f ≃	40	35	30
Distance.....	34 km	30 km	25 km
Temps.....	21' 42"	15' 31"	11' 02"
BILAN DE L'ARRIVEE (DU KM 50 AU KM 15)			
Temps total.....	22' 42"	20' 31"	21' 02"

Conclusions :

- La vitesse maximale en arrivée est obtenue en calant le Mac Cready sur la valeur de Vzam (lue à l'intégrateur) obtenue dans la dernière ascendance exploitée avant la mise en arrivée sur le plan correspondant.

- Le sur-calage est illogique et pénalisant.

- Comme pour le vol à Vcr max, un sous-calage modéré est pénalisant sans gravité.

- Une arrivée très bien réussie avec un cheminement seulement correct gagne peu de temps et ne fera la différence qu'entre deux compétiteurs de haut niveau. Le vélivole qui effectue des vols d'entraînement ou de performance ne doit donc pas se tromper d'objectif. Un départ raté coûte 15 à 20 mn, un "point bas" coûte 20 à 45 mn. Il est donc primordial d'éviter au maximum les très grosses erreurs et de tirer le meilleur parti des conditions rencontrées, avant de vouloir calculer une arrivée au plus juste.

N.B. : Si les Vzam considérées étaient plus fortes, dans la réalité les planeurs seraient encore ballastés. Ceci entraînerait les mêmes conclusions avec des valeurs différentes.

2. - Comment faire pour conduire de très longues arrivées et gagner plus de temps ?

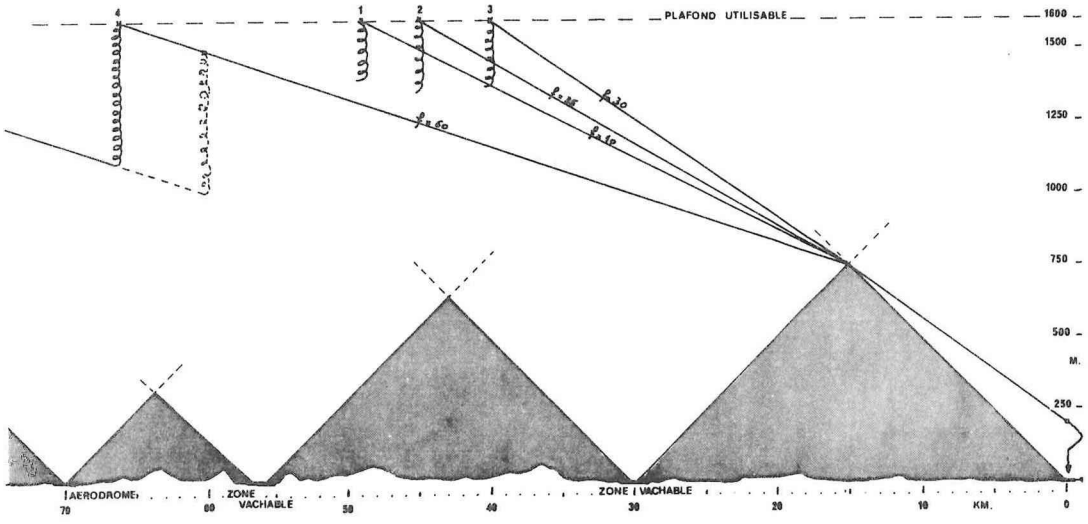
Pour comprendre comment font certains vélivoles expérimentés, nous allons reprendre notre exemple, en considérant un 4ème vélivole disposant du même planeur mais capable d'un cheminement meilleur (bilan masse d'air positif), tout en respectant les mêmes consignes de sécurité.

Exemple chiffré :

Le pilote du planeur n° 4 vient de parcourir le début de la dernière branche de son circuit à Vcr max. Entre le km 100 et le km 70, il a pu constater que les bonnes conditions rencontrées lui ont permis un cheminement avantageux. Grâce à cela, il a perdu peu d'altitude en transition (500 m seulement) et s'est donc très peu souvent arrêté dans des ascendances, obtenant ainsi une bonne vitesse de croisière. Sa finesse réelle a été égale à 60 environ.

En fait, cela revient à obtenir un bilan masse d'air de + 0,25 m/s seulement qui fera voler ce vélivole (au calage + 1) à 108 km/h en transition avec un taux de chute d'environ - 0,5 m/s. Cela n'a rien d'invraisemblable pour un pilote expérimenté. A noter qu'un fort vent arrière peut donner, en air calme, un avantage semblable.

Croquis n° 57



L'observation aérologique de la dernière partie de cette branche finale peut parfois permettre au vélivole d'envisager la poursuite de ce cheminement. Si c'est le cas, il peut calculer son arrivée en comptant sur la même finesse jusqu'au km 15 où il devra parvenir à 750 m minimum pour "assurer" le terrain de destination. S'il peut faire le plafond, il aura donc 1 600 m moins 750 m soit 850 m à perdre pour commencer son arrivée. A finesse 60, cela permettra de parcourir 51 km. L'arrivée pourrait donc commencer au plafond au km 66 ou bien, à partir de là, de la première ascendance favorable, à l'altitude qui conviendra (par exemple du km 60 à 1 500 m).

En comparant sur les 66 derniers kilomètres les planeurs 2 et 4, nous verrons le gain ainsi réalisé.

Planeur 2	Planeur 4
Du km 66 au km 49 Temps = 17'	—
Arrivée du km 49 au km 15 Temps = 20' 31"	Arrivée du km 66 au km 15 Vi = 108 km/h Temps = 28' 20"
Total = 37' 31"	28' 20"

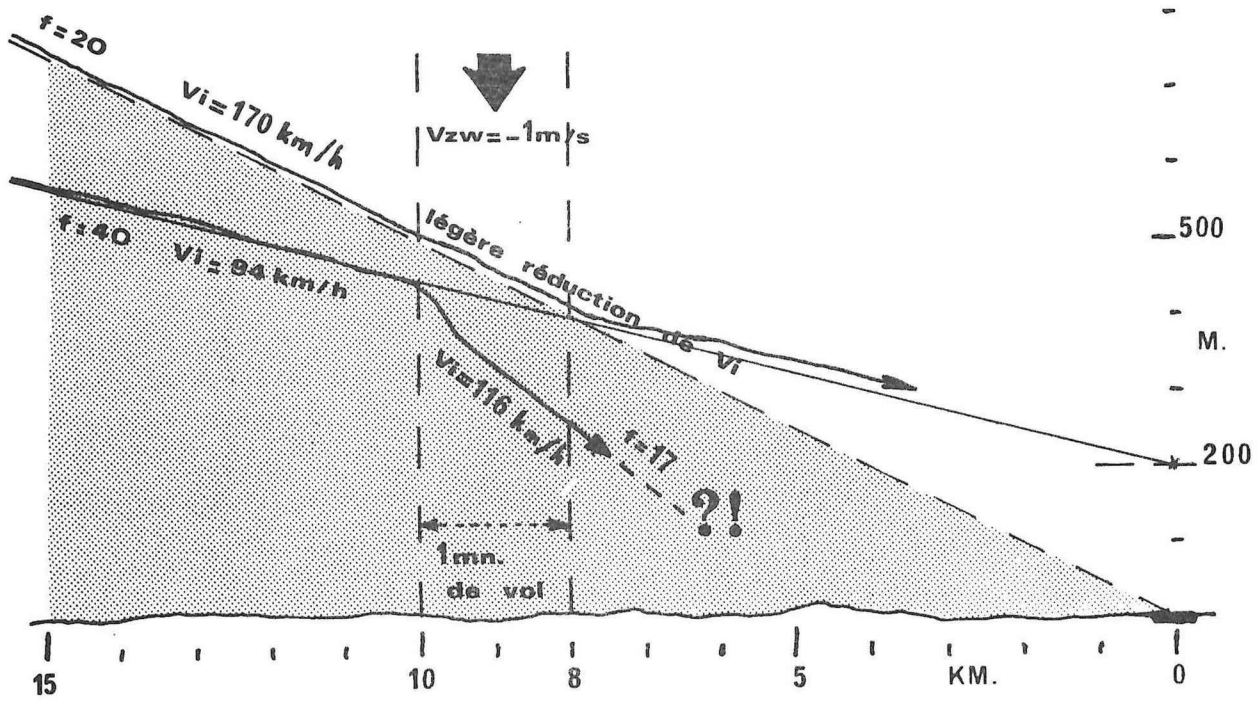
Là encore, comme pour le vol de croisière, un bon cheminement est toujours le plus gros avantage que l'on puisse s'assurer. Il est possible d'exprimer cela sous une autre forme : en arrivée, il vaut mieux bien cheminer que bien calculer.

Le cas d'une arrivée délicate après la fin de la période de forte convection va nous permettre de confirmer l'importance du bon cheminement.

d) - L'arrivée sur un plan faible

Il arrive assez fréquemment, en vol sur la campagne, qu'un vélivole soit amené à parcourir la fin de sa dernière branche de circuit à une heure où la convection s'est très affaiblie et touche à sa fin. Le calcul de l'arrivée dans ce cas-là peut permettre, non plus de gagner un maximum de temps mais de s'assurer le maximum de chances de "rentrer" ou de limiter la distance de dépannage aux vaches avec le souci primordial de ne courir aucun risque. Ceci implique une remarque préliminaire essentielle : il est absolument exclu de poursuivre une arrivée sur un plan de finesse élevée à faible distance du terrain de destination (par exemple à la finesse max du planeur), même avec une marge de sécurité.

Croquis n° 58



En effet, la rencontre possible d'une descendance (même faible) dans les derniers kilomètres, alors que le planeur vole à basse altitude, lui fera perdre irrémédiablement son plan et le mettra dans une situation extrêmement dangereuse. Trop bas pour poursuivre, le pilote n'aura pas le temps de choisir une aire atterrissable (sil y en a une) ni de préparer une prise de terrain (la recherche d'un champ et la préparation de l'atterrissage doivent être commencées à au moins 400 m/sol pour donner une sécurité acceptable à la manoeuvre).

Remarque : le pilote qui arrive dans cette zone descendante sur le plan de finesse 20 n'aura pas de problème grâce à l'important excédent de vitesse dont il bénéficie. Le pilote qui "rentre tangent" n'a pas cette sécurité.

Par contre, le fait de se trouver à grande distance du terrain sur un plan faible (égal ou supérieur à celui de finesse max) alors que la convection a faibli, n'est pas une situation critique. Un vélivole avisé peut même parvenir à rentrer au terrain, sans jamais avoir mis en cause la sécurité.

Exemple :

Un vélivole appelle à la radio son instructeur pour lui demander conseil. Sa situation est la suivante :

- *Position : km 64 ;*
- *Altitude : 1 600 m (plafond maintenu depuis 2 à 3 km sans trop de difficulté en cheminant attentivement sous les cumulus en voie d'affaissement) ;*
- *Vza désormais trop faibles pour monter en spirale mais permettant de ne pas chuter trop vite en transition. (Voir croquis n° 59).*

Le plan d'arrivée correspond à une finesse de 40 sans sécurité. Ce plan est trop faible pour ramener planeur et pilote en sécurité jusqu'au terrain. Que faire ?

- *Rester sur place, pour quelque raison que ce soit n'aboutirait qu'à faire "tomber sur place" ce planeur dans les champs du km 57-58 ou sur le terrain du km 70. Dépannage long et cher. Altitude et argent gaspillés.*
- *A une altitude de 1 600 m, ce vélivole a, comme on dit, encore "beaucoup d'eau sous la quille". Ses possibilités de cheminement ne sont pas négligeables et il lui suffit de 30 de finesse pour parvenir à 800 m au km 40, où il sera en finesse 20 des champs du km 24.*

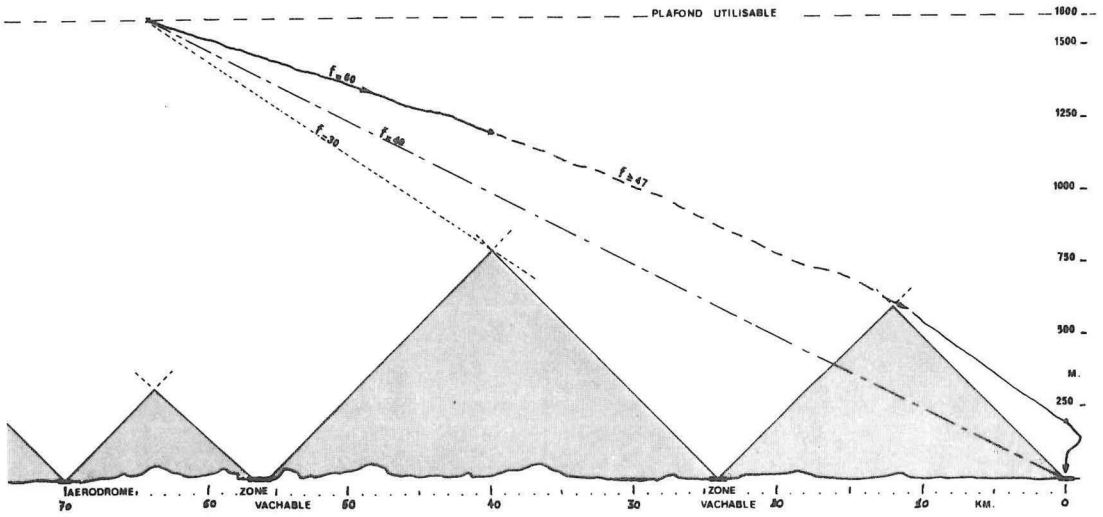
Les recommandations de l'instructeur seront donc les suivantes :

- *Avancer en volant à finesse max (calage à 0) et en cheminant le mieux possible pour profiter des faibles Vz sans chercher à spiraler (sauf ascendance à coup sûr facilement exploitable, ce qui est peu probable) ;*
- *Vérifier et annoncer position et altitude aux km 60 et 50, de façon à apprécier l'évolution du plan.*

Même d'une expérience moyenne, le vélivole peut parvenir, dans ces conditions, à avancer sur des plans très faibles, assez facilement tant qu'il se trouve près du plafond (par exemple ici entre 1 600 et 1 200 m, finesse ≃ 60). Après s'être annoncé, à 1 530 m au km 60 et à 1 380 au km 50, il a pu poursuivre jusqu'au km 40 où il parvient à 1 200 m. Le plan est alors de 33 sans sécurité. D'ores et déjà en local des champs du km 24, il peut poursuivre sans risque.

S'il parvient à cheminer encore assez bien pour transiter avec une finesse réelle supérieure ou égale à 50, il parviendra au km 12 à plus de 600 m/sol et sera en local finesse 20 du terrain. Il n'y a plus de calcul à faire. Seul compte le soin apporté au cheminement.

Croquis n° 59



Et si ça ne marche pas ?

Pour diverses raisons, un échec doit être envisagé en effet. Ceci est d'ailleurs vrai également pour les autres types d'arrivée que nous avons exposés auparavant.

Vous vérifierez, dans tous les cas envisagés, que le pilote se trouvait à tout moment en mesure d'assurer un terrain ou un champ vachable, puisqu'il était toujours dans un cône de finesse 20 et à plus de 400 m/sol (altitude de décision pour préparer un atterrissage "aux vaches"). La seule conséquence aurait donc été, en cas de difficulté de cheminement, une interruption de l'arrivée et un atterrissage en toute sécurité. Nous avions pourtant choisi des exemples dans lesquels les zones atterrissables étaient très espacées, cas le plus défavorable pour les vélivoles. Si ces zones, au moins dans les 30 ou 40 derniers kilomètres, sont reconnues ou répertoriées, ces arrivées peuvent être pratiquées sans risque même par un vélivole d'expérience moyenne.

* Les calculateurs d'arrivée

Nous venons de voir que l'arrivée :

- gagnait énormément à être conduite avec un cheminement optimal ;

- nécessitait une préparation et une série de choix tactiques non exemptes de quelques calculs et de vérifications régulières lorsqu'elle est en cours.

Remarque : une arrivée débutée sur un plan de 40 de finesse représente un angle de 1,5° seulement, c'est-à-dire un écart de 1,5 cm au bout d'un bras tendu. Nul ne saurait suivre un tel plan sans calcul et sans vérification des paramètres.

Or ces deux aspects sont contradictoires sur le plan de la charge de travail imposée au pilote. Il semble très peu réaliste en effet de lui demander d'être non seulement attentif mais aussi performant dans ces deux domaines à la fois, à un moment où le vol s'accèlère parfois considérablement.

C'est pourquoi des calculateurs de bord (règles à calcul ou calculateurs électroniques plus ou moins complexes) prennent en charge le calcul des paramètres de l'arrivée, à condition cependant que les bonnes informations leur soient fournies. Le travail du pilote n'est pas supprimé, il est allégé. Et sa responsabilité reste entière : un calculateur ne rendra pas sûre une arrivée mal conduite ; il en indiquera seulement les paramètres.

Le pilote ne doit donc pas abdiquer ses responsabilités ni surtout laisser le calculateur détourner son attention du plus important : le bon cheminement. Paradoxalement, ce qui fait l'intérêt de cet équipement en ferait alors un handicap voire un danger. A chacun de choisir ses outils et de bien s'en servir.

A RETENIR — Chapitre III

1/ - Les volets de courbure ne doivent être manipulés ni trop fréquemment ni brutalement ni, surtout, à contre-temps ou à mauvais escient, car ils pénalisent alors très sensiblement le vélivole qui commet ces erreurs.

2/ - ATTENTION : Les Vi maxi autorisées avec les volets en positif sont parfois assez peu élevées et différentes selon les braquages. Quant aux limitations de charge dans cette configuration, elles sont définies par la norme de certification.

Le décollage avec les volets en négatif est impossible.

La manoeuvre des volets au cran "atterrissage" est irréversible à basse altitude.

3/ - Un planeur, fortement chargé, vole plus vite sur la même trajectoire qu'un planeur peu chargé. La finesse max (l'angle de plané mini) reste la même mais est obtenue à une vitesse plus importante, avec un taux de chute plus fort.

4/ - En spirale, le planeur ballasté est désavantagé. Mais si les ascendances sont assez puissantes, la perte de temps en ascendance est largement inférieure au gain de temps en transition. Par une belle journée, le planeur chargé aura une Vcr supérieure.

5/ - Un départ prématuré risque de ralentir le vélivole dans la première partie du vol. Mais, au pire, une telle précipitation entraînera une vache peu après le départ. Un départ trop tardif peut empêcher le vélivole de terminer le circuit prévu par manque de temps.
Il convient donc d'insérer son circuit dans la tranche horaire optimale, déterminée grâce aux indications météo et au calcul prévisionnel (approximatif) de la vitesse de croisière.

6/ - Il n'est pas possible de prendre n'importe quel point de repère comme point de virage et objet de la photographie. Certaines installations excluent cette possibilité. Mais surtout le repère à photographier doit être précis.

7/ - La meilleure tactique consiste à prendre une ascendance vers la fin de la 1ère branche (vent arrière) pour aborder la 2ème branche (vent de face) à l'altitude maxi possible.
Dans le cas inverse, prendre d'abord la photo du point de virage, avant d'aller prendre une ascendance sur la 2ème branche (vent arrière).

A RETENIR (Suite) — Chapitre III

8/ - L'arrivée commence lorsqu'un vélivole décide de se mettre sur un plan globalement descendant vers son terrain de destination, avec l'espoir de ne pas avoir à remonter en spirale.

9/ - La vitesse maximale en arrivée est obtenue en calant le Mac Cready sur la valeur de Vzam obtenue dans la dernière ascendance exploitée avant la mise en arrivée sur le plan correspondant.

10/ - Un bon cheminement est toujours le plus gros avantage que l'on puisse s'assurer, en arrivée aussi.

11/ - Il est absolument exclu de poursuivre une arrivée sur un plan de finesse élevée à faible distance du terrain de destination. En effet, la rencontre possible d'une descendance (même faible) dans les derniers kilomètres fera perdre irrémédiablement le plan et mettra le pilote dans une situation extrêmement dangereuse.

* * *
*

Phase 1	Vol d'accoutumance	
	Effets primaires des gouvernes	
Phase 2	Assiette	
Ligne droite	Inclinaison - lacet inverse	
	Sécurité	
Virage	Mise en virage	
	Stabilisation	
	Mises et sorties de virage-enchaînées	
Relation assiette-vitesse		
	Compensateur	
Symétrie		
Phase 3		
	Remorquage	
	Décollage Cris Roulage Décollage	
	Aérofreins	
	Approche	
	Atterrissage	

Phase 4		
	PTL	
	Atterrissage vent de travers	
Phase 5	Orientation lecture de carte	
	Autonomie vol local	
Phase 6	Vol lent	
	Décrochage en ligne droite en virage	
Phase 7	Vol à voile thermique	
Phase 8	Grandes inclinaisons	
+ (*)	Vol à voile dynamique	
Phase 9	Autorotation	
+ (*)	Incidents de remorque	
	Retour au sol	
	Prises de terrain basses	
Phase 10	Vol sur la campagne en D.C.	
+ (*)	Etude atterrissage en campagne	

* VOL A VOILE	Cheminement	
	Détection	
	Centrage	
Nombre d'atterrissages en D.C.		
Instructeur		
Date		

FICHE DE PROGRESSION

Nom de l'élève : ----------

Prénom : ----------

Date de naissance : ----------

Adresse : ----------

Carte de stagiaire ou Licence Avion N° : ----------

Limites de validité : ----------

Date du contrôle des connaissances		Date de l'examen théorique	
Date du LACHER		Date de l'épreuve de 1 heure en solo	

Nombre de vols solo		
Phase 3	Remorquage	
	Décollage (Cris, Roulage, Décollage)	
	Aérofreins	
	Approche	
	Atterrissage	
Phase 4	PTL	
	Atterrissage vent de travers	
Phase 5	Orientation lecture de carte	
	Autonomie vol local	
Phase 6	Vol lent	
	Décrochage (en ligne droite, en virage)	
Phase 7	Vol à voile thermique	
Phase 8 + (*)	Grandes inclinaisons	
	Vol à voile dynamique	
Phase 9 + (*)	Autorotation	
	Incidents de remorque	
	Retour au sol	
	Prises de terrain basses	
Phase 10 + (*)	Vol sur la campagne en D.C.	
	Etude atterrissage en campagne	
* **VOL A VOILE**	Cheminement	
	Détection	
	Centrage	
Nombre d'atterrissages en D.C.		
Instructeur		
Date		

CONSEILS A L'INSTRUCTEUR

Cette fiche de progression est la propriété de l'élève.

Il vous la remet avant la séance de vol et la reprend à l'issue de celle-ci.

Au bas de cette fiche, incrivez la date, vos initiales et le nombre d'atterrisages à chaque séance.

Dans chaque case, une diagonale indique que la leçon a été étudiée mais non assimilée.

Deux diagonales indiquent une leçon comprise et restituée convenablement. La précision peut ne pas être excellente.

Un rond sur une ligne partant d'une phase donnée indiquera à l'élève qu'il doit étudier la phase correspondante avant la séance suivante.

Phase x

Avant d'envoyer votre élève à l'examen théorique, soumettez-le à un contrôle de connaissances en puisant dans la partie « questions-réponses ».